

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**“Evaluación experimental para la obtención de
jabón base de tocador y jabón base líquido
natural utilizando como materia prima aceite de
sésamo”**

Trabajo de Diploma Presentado por:

Br: Álvaro Huete Chévez

Br: Elvin Guzmán Jarquín

Para optar al Título de:

Ingeniero Químico

Tutor:

Msc. Ing.: Leonardo Chavarría Carrión

**Managua, Nicaragua
Noviembre, 2013**

AGRADECIMIENTOS

Para nosotros es un honor dirigirnos a toda la comunidad académica de nuestra apreciada alma mater UNI y en especial, a los docentes de la Facultad de Ingeniería Química, quienes han sembrado en nosotros la semilla de la constancia y del éxito profesional.

No podemos olvidar que somos seres especiales con una parte divina y una parte humana, por ello, te agradecemos señor por permitirnos culminar un peldaño más en nuestra vida y por ayudarnos a vencer cada una de las dificultades que a nuestro paso por la Universidad encontramos.

A nuestras familias, factor principal de nuestra motivación y entrega a los estudios, y a quienes hoy debemos los que somos y lo que con la voluntad de Dios podríamos llegar a ser, muchas gracias: Esther Chévez Flores y Julia Rosa Saballos Robles.

Agradecemos también el apoyo recibido en los Laboratorios PIENSA y en especial a su Directora Msc. Ing. Larisa Korsak por permitirnos utilizar equipos y materiales de suma importancia en nuestro trabajo de investigación. También hacemos extensivo nuestro agradecimiento al Lic. Bayardo Bojorge Sánchez, responsable del Laboratorio de Calidad del Aire.

Y por último, agradecemos a la persona sin la cual este trabajo de Tesis no hubiese sido posible, a nuestro querido y apreciado Tutor y Colaborador, al Msc. Ing. Leonardo Chavarría y con ello también quisiéramos terminar agradeciendo a la pequeña empresa artesanal *“Esencias y Aromas de Nicaragua”* que nos facilitó el aceite de Sésamo, para el desarrollo del trabajo experimental.

DEDICATORIA

A Dios nuestro creador el cual nos ha llenado de salud, fortaleza y sabiduría durante todo éste tiempo, por darnos la oportunidad de vivir y de aprender a través de las experiencias y sobre todo, por haber puesto en nuestros caminos a todas aquellas personas que han sido para nosotros buenos amigos y en incontables ocasiones un soporte, ayudándonos a crecer con valores, principios y sobre todo, como buenos profesionales.

A nuestros padres porque somos la concreción de sus sueños y el fruto de sus esfuerzos, por ser la fuerza impulsora en momentos difíciles, por tanto amor, cariño y confianza como solo un padre o madre puede dar, a ellos que hoy más que nadie se lo merecen.

A nuestros amigos por compartir momentos de alegría y de tristeza, por tanta paciencia, cariño y respeto mostrado a lo largo de todos estos años.

RESUMEN

El presente estudio “Evaluación experimental para la obtención de jabón base de tocador y jabón base líquido natural utilizando como materia prima aceite de sésamo” consistió en caracterizar las propiedades fisicoquímicas del aceite de sésamo que presentan mayor interés para los procesos de elaboración de jabones, se estudiaron las siguientes: Índice de saponificación, densidad y materia insaponificable, los cuales se determinaron utilizando los métodos analíticos, según el Official Methods of Analysis of AOAC International 19 th edition, (2012, Volume II, Dr. George W. Latime, Jr.).

Se diseñó una matriz de experimento para cada jabón, evaluando los factores seleccionados para el jabón base de tocador: temperatura de saponificación, porcentaje de hidróxido e índice de saponificación, las variables respuestas fueron las siguientes: porcentaje de humedad, acidez libre, materia total insoluble en alcohol, tiempo de saponificación y rendimiento real. Para el jabón base líquido se evaluaron los factores: temperatura de saponificación, porcentaje de hidróxido y porcentaje de jabón base y las variables respuestas fueron las siguientes: porcentaje de humedad, alcalinidad libre, materia total insoluble en alcohol, tiempo de duración del proceso y rendimiento real. Ambos procesos de elaboración se efectuaron en un baño maría para controlar la temperatura.

Los productos finales obtenidos fueron caracterizados utilizando los métodos establecidos en la norma Nicaragüense para jabones N° 5695-MEIC, para después comparar los resultados obtenidos de la variables seleccionadas con los valores estipulados en la norma nicaragüense, obteniéndose valores dentro de los límites de la norma para el porcentaje de humedad y materia total insoluble en alcohol y resultados superiores a lo establecido en la norma, para la alcalinidad libre de los jabones bases líquidos y acidez libre para los jabones base de tocador.

Los resultados estadísticos obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) para los jabones base de tocador demuestran que la incidencia sobre las variables respuestas se debe principalmente a los factores siguientes: temperatura de saponificación e índice de saponificación, mientras que para el jabón base líquido fueron las siguientes: temperatura de saponificación y porcentaje de hidróxido. Los niveles máximos de temperatura evaluada inciden de manera positiva sobre los dos procesos de elaboración de jabones.

Según los resultados obtenidos sobre la base experimental de esta monografía, el aceite de sésamo puede utilizarse como materia prima para la elaboración de jabón base de tocador y jabón líquido natural, aunque se debe ampliar el escenario de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	1
II	OBJETIVOS	2
II	MARCO TEÓRICO	2
3.1	COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE DE SÉSAMO	3
3.2	MATERIAS PRIMAS PARA LA FABRICACIÓN DE LOS JABONES	4
3.2.1	Álcalis: Hidróxido de sodio o de potasio	5
3.2.2	Agua	5
3.2.3	Grasa animal o aceite vegetal	6
3.2.3.1	Propiedades físicas de aceites y grasas	7
3.3	ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE ACEITES UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE JABONES	10
3.4	DISEÑO DE EXPERIMENTOS	13
3.4.1	Etapas en el diseño de experimentos	13
3.4.2	Clasificación y selección de los diseños experimentales	15
3.4.2.1	Diseño factorial mixto	16
3.5	CLASIFICACIÓN DE LOS JABONES	17
3.5.1	Jabones base de tocador	18
3.5.1.1	Factores más importantes que inciden en el proceso de elaboración de jabón base de tocador	19
3.5.2	Jabones bases líquidos naturales	19
3.5.2.1	Factores más importantes que inciden en el proceso de elaboración de jabón base líquido natural	20
3.5.2.2	Calidad del jabón base líquido natural	23
3.6	ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LOS JABONES	23
IV.	MATERIAL Y MÉTODO	24
4.1	MATERIALES	24
4.1.1	Materia prima e insumos	24
4.1.2	Equipos y materiales	24
4.2	METODOLOGÍA	28
4.3	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	28
4.4	CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL ACEITE	28
4.5	DISEÑO DE LA MATRIZ DE EXPERIMENTO	30
4.5.1	Factores y niveles del diseño factorial mixto propuesto para el jabón base de tocador	31
4.5.2	Factores y niveles del diseño factorial mixto propuesto para el jabón líquido natural	31
4.6	ELABORACIÓN DE LAS MATRICES DE EXPERIMENTOS	32
4.6.1	Elaboracion de la matriz de experimento: jabón base de tocador	32
4.6.2	Elaboracion de la matriz de experimento : jabón base líquido natural...	33
4.7	ELABORACIÓN EXPERIMENTAL DE LOS PRODUCTOS: JABÓN BASE DE TOCADOR Y JABO LÍQUIDO NATURAL	35
4.7.1	Elaboracion experimental: jabón base de tocador	35

4.7.2	<i>Elaboracion experimental: jabón líquido natural</i>	35
4.8	Caracterización fisicoquímica de los jabones	35
4.8.1	Caracterización fisicoquímica realizada a los jabones base de tocador	35
4.8.1.1	Pesada de las muestras de jabones	36
4.8.1.2	Determinación del porcentaje de humedad en las muestras de jabones base de tocador	36
4.8.1.3	Determinación de materia total insoluble en alcohol para muestras de jabón base de tocador	38
4.8.1.4	Determinación de la alcalinidad como porcentaje de Ácido Oleico para muestras de jabones base de tocador	39
4.8.1.5	Determinación del rendimiento real de la reacción de saponificación y el tiempo de saponificación de las muestras de jabón base de tocador	40
4.8.2	CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA REALIZADA A LOS JABONES LÍQUIDOS NATURALES	41
4.8.2.1	Determinación de humedad y material volátil	41
4.8.2.2	Determinación de materia total insoluble en alcohol	43
4.8.2.3	Determinación de la alcalinidad libre	44
4.8.2.4	Determinación de rendimiento real y tiempo de duración del proceso completo	45
V.	ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE LOS FACTORES SELECCIONADOS Y SUS RESPECTIVAS INTERACCIONES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS FINALES	47
5.1.	ANÁLISIS DE ANOVA PARA EL JABÓN BASE DE TOCADOR	48
5.1.1.	<i>Cálculo y análisis de ANOVA para la variable de respuesta % de humedad</i>	48
5.1.2.	<i>Cálculo y análisis de ANOVA para la variable de respuesta Materia Total Insoluble en Alcohol</i>	50
5.1.3.	<i>Cálculo y análisis de ANOVA para la variable de respuesta Porcentaje de Acidez Libre como Ácido Oleico</i>	53
5.1.4.	<i>Cálculo y análisis de ANOVA para la variable de respuesta Rendimiento Real del Jabón</i>	55
5.1.5.	<i>Cálculo y análisis de ANOVA para la variable de respuesta Tiempo de Saponificado</i>	57
5.2.	ANÁLISIS DE ANOVA PARA EL JABÓN LÍQUIDO NATURAL	59
5.2.1.	<i>Análisis ANOVA para el tiempo de duración del proceso de elaboración de jabón líquido</i>	60
5.2.2.	<i>Análisis ANOVA para la materia total insoluble en alcohol</i>	64
5.2.3.	<i>Análisis ANOVA para la alcalinidad libre</i>	66
5.2.4.	<i>Análisis ANOVA para el porcentaje de humedad</i>	71
5.2.5.	<i>Análisis ANOVA para el rendimiento real del jabón base</i>	75

5.3.	COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LOS JABONES OBTENIDOS CON LA NORMA NICARAGÜENSE PARA JABONES N ^o 5695 – MEIC	77
5.3.1.	<i>Comparación de los parámetros fisicoquímicos de los jabones base de tocador con la norma nicaragüense para jabones N^o 5695 – MEIC</i>	77
5.3.1.1	Materia total insoluble en alcohol	77
5.3.1.2	Porcentaje de humedad	78
5.3.1.3	Acidez libre	79
5.3.2.	<i>Comparación de los parámetros fisicoquímicos de los jabones líquidos con la norma nicaragüense para jabones N^o 5695 – MEIC</i>	79
5.3.2.1	Materia total insoluble en alcohol	79
5.3.2.2	Porcentaje de humedad	80
5.3.2.3	Alcalinidad libre	81
VI.	CONCLUSIONES	82
VII	RECOMENDACIONES	84
VIII	REFERENCIAS	85
IX.	ANEXOS	87

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Representación molecular del tripalmitato de glicerina _____	6
FIGURA 2	Reacciones en la determinación del índice de peróxido _____	13
FIGURA 3	Reacción de saponificación de un aceite o una grasa _____	18
FIGURA 4	Plancha digital con calefacción _____	24
FIGURA 5	Agitador de varilla y sistema de regulación de rpm _____	25
FIGURA 6	Verificación de la temperatura del sistema baño maría _____	25
FIGURA 7	Ph metro marca Thermo Scientific _____	26
FIGURA 8	Equipo de filtración al vacío, proceso de filtrado del jabón _____	26
FIGURA 9	Horno marca boekel, durante el proceso determinación de la humedad de los jabones base de tocador _____	27
FIGURA 10	Balanza analítica marca Toledo _____	27
FIGURA 11	Molde de madera empleado para darle forma al jabón y para facilitar el secado _____	27
FIGURA 12	Operación de corte y pesado de las muestras de jabón base _____	36
FIGURA 13	Jabones obtenidos como resultado del proceso de saponificación a escala de laboratorio _____	40
FIGURA 14	Tipos de interacciones definidas por Minitab 16 _____	48
FIGURA 15	Términos seleccionados para realizar el cálculo de ANOVA _____	48
FIGURA 16	Tipos de interacciones definidas por Minitab para el jabón líquido _____	60
FIGURA 17	Términos seleccionados para realizar el cálculo de ANOVA para el jabón base líquido _____	60

LISTA DE TABLAS

TABLA 1	Características recomendadas por la A.O.C.S.	4
TABLA 2	Características y composición centesimal del aceite de sésamo	4
TABLA 3	Composición de ácidos grasos determinada mediante CGL	5
TABLA 4	Estructura y puntos de fusión de ácidos grasos comunes	8
TABLA 5	Composición de ácidos grasos de grasas y aceites comunes	9
TABLA 6	Índice de saponificación de algunos aceites	12
TABLA 7	Clasificación de los diseños experimentales	16
TABLA 8	propiedades de las grasas y de los aceites para la fabricación de jabones	22
TABLA 9	Guía de porcentajes de dilución	23
TABLA 10	Resultados obtenidos para la densidad del aceite de sésamo	29
TABLA 11	Resultados obtenidos para el índice de saponificación del aceite de sésamo	29
TABLA 12	Resultados obtenidos para la materia total insoluble en alcohol para el aceite de sésamo	29
TABLA 13	Factores y niveles seleccionados	30
TABLA 14	Factores a considerar en el proceso de obtención del jabón base líquido	31
TABLA 15	Factores y niveles seleccionados jabón base de tocador	32
TABLA 16	Diseño de experimento obtenido utilizando Minitab 16	33
TABLA 17	Datos del diseño factorial mixto obtenido para el jabón base de tocador	33
TABLA 18	Diseño de experimento obtenido utilizando minitab 16 para el jabón base líquido natural	34
TABLA 19	Resumen de los resultados obtenidos en minitab 16 para el jabón base líquido natural	34

TABLA 20	Masa en mg de las muestras de jabones base de tocador _____	36
TABLA 21	Cálculo del % de humedad jabón base de tocador _____	37
TABLA 22	Cálculo Materia Total Insoluble en Alcohol jabón base de tocador _	38
TABLA 23	Cálculo de la alcalinidad jabón base de tocador _____	39
TABLA 24	Resultados rendimiento real jabón base de tocador _____	41
TABLA 25	Cálculo del % de humedad jabón base líquido natural _____	42
TABLA 26	Determinación de la materia total insoluble en alcohol jabón base líquido natural _____	43
TABLA 27	Determinación de la alcalinidad para el jabón base líquido natural _	45
TABLA 28	Resultados para el rendimiento del jabón base líquido natural y el tiempo de duración del proceso de obtención _____	46
TABLA 29	ANOVA para el % de humedad jabón base _____	49
TABLA 30	ANOVA para la materia total insoluble jabón base _____	51
TABLA 31	ANOVA para el % de ácido oleico jabón base _____	53
TABLA 32	ANOVA para el rendimiento real jabón base _____	55
TABLA 33	ANOVA para el tiempo de saponificado jabón base _____	57
TABLA 34	ANOVA para el tiempo total jabón líquido _____	61
TABLA 35	ANOVA para la materia total insoluble jabón líquido _____	64
TABLA 36	ANOVA para la alcalinidad libre jabón base líquido _____	66
TABLA 37	ANOVA para el % de humedad jabón base líquido _____	71
TABLA 38	ANOVA para el rendimiento real jabón base líquido _____	75
TABLA 39	Parámetros fisicoquímicos que deben de cumplir los jabones ____	77

LISTA DE GRÁFICAS

- GRÁFICA 1** Gráficas de supuestos para el % de humedad jabón base _____ 49
- GRÁFICA 2** Gráficas de interacciones dobles % humedad jabón base _____ 50
- GRÁFICA 3** Gráficas de supuestos Materia Total Insoluble jabón base _____ 51
- GRÁFICA 4** Gráfica de interacciones dobles para la materia total insoluble jabón base de tocador _____ 52
- GRÁFICA 5** Gráfica de supuestos para el porcentaje de acidez libre como ácido oleico para el jabón base _____ 54
- GRÁFICA 6** Gráficas de interacciones dobles para el % de acidez libre para el jabón base _____ 54
- GRÁFICA 7** Gráfica de supuestos para el rendimiento real del jabón base ____ 56
- GRÁFICA 8** Gráfica de interacciones dobles y de efecto principal para el rendimiento real del jabón base _____ 57
- GRÁFICA 9** Gráfica de supuestos para el tiempo de saponificado del jabón base de tocador _____ 58
- GRÁFICA 10** Gráfica de interacciones dobles para el tiempo de saponificado jabón base _____ 59
- GRÁFICA 11** Gráfica de supuestos para el tiempo de duración jabón base de tocador _____ 61
- GRÁFICA 12** Intervalos y promedios del tiempo total de duración del proceso de elaboración del jabón base líquido con respecto al factor temperatura _____ 62
- GRÁFICA 13** Tiempo total de duración del proceso para cada experimento vs factor temperatura _____ 63
- GRÁFICA 14** Interacciones dobles para el tiempo total jabón base líquido ____ 63
- GRÁFICA 15** Gráfica de supuestos para la materia total insoluble en alcohol jabón base líquido _____ 65
- GRÁFICA 16** Gráfico de interacciones dobles materia total insoluble en alcohol jabón base líquido _____ 65
- GRÁFICA 17** Gráfica de supuestos para la alcalinidad libre jabón base líquido 67

GRÁFICA 18 Intervalos y promedios del % de alcalinidad libres con respecto al factor temperatura _____	68
GRÁFICA 19 Porcentaje de alcalinidad libre para cada experimento vs factor temperatura _____	68
GRÁFICA 20 Intervalos y promedios del % de alcalinidad libre con respecto al factor hidróxido _____	69
GRÁFICA 21 Porcentaje de alcalinidad libre para cada experimento vs factor porcentaje de hidróxido _____	70
GRÁFICA 22 Gráfica de interacciones dobles para la alcalinidad libre del jabón base líquido _____	70
GRÁFICA 23 Gráfica de supuestos para el % de humedad jabón base líquido _____	72
GRÁFICA 24 Intervalos y promedios del % de humedad con respecto al factor % de hidróxido _____	72
GRÁFICA 25 Porcentaje de humedad para cada experimento vs factor % hidróxido _____	73
GRÁFICA 26 Intervalos y promedios del % de humedad con respecto al factor % jabón base _____	74
GRÁFICA 27 Porcentaje de humedad para cada experimento vs factor porcentaje jabón base _____	74
GRÁFICA 28 Gráficos de interacciones dobles para el % de humedad jabón base líquido _____	75
GRÁFICA 29 Gráficos de supuestos para el rendimiento real del jabón base líquido _____	76
GRÁFICA 30 Gráficos de interacciones dobles para el rendimiento real del jabón base líquido _____	76
GRÁFICA 31 Gráfica de materia total insoluble vs valor norma para el jabón base de tocador _____	78
GRÁFICA 32 Gráfico Porcentaje de humedad vs factor norma para el jabón base de tocador _____	78
GRÁFICA 33 Gráfico de acidez libre vs factor norma para el jabón base _____	79

GRÁFICA 34 Gráfica de materia total insoluble vs valor norma para el jabón base líquido _____ 80

GRÁFICA 35 Gráfico Porcentaje de humedad vs factor norma para el jabón base líquido _____ 80

GRÁFICA 36 Gráfico de acidez libre vs factor norma para el jabón líquido ____ 81

I. INTRODUCCIÓN

El mundo contemporáneo exige una visión innovadora y tecnológica para lograr un desarrollo sostenible, que a la vez contribuya a generar soluciones a los problemas de desempleo y pobreza. En este sentido, es importante mencionar que Nicaragua ha sido históricamente un país con un nivel de desarrollo industrial bajo, y por consiguiente, son pocas las empresas dedicadas a procesar y darle valor agregado a las materias primas existentes.

Unas de las materias primas que más crecimiento ha experimentado en los últimos años, ha sido la producción de sésamo (ajonjolí). Esta según indican estadísticas del Centro de Trámites de las Exportaciones, el año pasado experimentaron un crecimiento de un 83.33% más con respecto al ciclo productivo 2011.

A pesar de ello, es remarcable el hecho de que el consumo interno de ajonjolí en Nicaragua es marginal, ya que se exporta casi en su totalidad en forma descortezada y natural a mercados donde lo usan para regar al pan y para ser procesado en aceites y otros subproductos.

El aceite de sésamo según el MIFIC (2005), fue seleccionado como uno de los productos de potencial y con mayor apertura de mercados, para el cual se han evaluado detenidamente las alternativas favorables de fomentar dicho producto en Nicaragua como parte integral del proceso de incremento y diversificación de las exportaciones del país.

Debido a la creciente tendencia que presenta la producción de ajonjolí, muchos empresarios nicaragüenses y extranjeros ya empiezan a visualizar la posibilidad de darle valor agregado a dicha materia prima. Cabe destacar, que el aceite obtenido a partir de la semilla de sésamo, es un producto y a la vez una materia prima muy valorada en el mercado debido a que es resistente a la oxidación. Esta singular propiedad que posee el aceite de la semilla de sésamo, lo convierte en una de las materias primas más demandadas en la elaboración de cremas hidratantes de baño y otros productos similares.

En base a lo anteriormente expuesto y pensando en darle un valor adicional al aceite de sésamo, se propuso como proyecto de tesis, la realización de una evaluación experimental acerca de la obtención de jabón base de tocador y jabón base líquido natural utilizando como materia prima el aceite sésamo.

Ambos productos fueron obtenidos a través del proceso de saponificación a escala de laboratorio.

II. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar a través de un diseño de experimento el proceso de elaboración de jabón base de tocador y jabón base líquido natural, caracterizando los productos finales.

4.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar fisicoquímicamente el aceite de sésamo.
2. Diseñar una matriz de experimento tomando en cuenta los factores que más inciden en el proceso de elaboración de jabón base de tocador y jabón base líquido natural.
3. Caracterizar fisicoquímicamente a los productos finales.
4. Validar la incidencia de los factores seleccionados y su respectiva interacción sobre las características fisicoquímicas de los productos (jabón base de tocador y jabón base líquido) finales.

III. MARCO TEÓRICO

En este acápite se plantean los fundamentos teóricos relacionados con las propiedades fisicoquímicas del aceite de sésamo, así como también, se hace mención de los parámetros que se tomaron en cuenta para llevar a cabo la caracterización del aceite. Adicionalmente, se describe de forma general el proceso por medio del cual se obtienen los jabones, sus características, tipos, procesos involucrados para su obtención y los principales parámetros que se miden para su caracterización.

3.1 Composición y características del aceite de sésamo

Según los estudios realizados por Bailey (1984), el aceite bruto de sésamo, que se obtiene de la planta *sesamunindicum*, varía del color ámbar al amarillo pálido; pero el refinado tiene color amarillo pálido. Este aceite tiene un contenido relativamente alto en sustancias insaponificables, que son en gran parte esteroides, y otras sustancias que no se pueden separar por refinación; pero su contenido en estas otras materias no grasas es bajo.

La fracción insaponificable del aceite de sésamo contiene sesamina, sesamolina, las cuales son sustancias que dan reacciones coloreadas típicas (como la muy conocida de Baudouin y Villavechia); es por ello, que el aceite de sésamo, aun en pequeñas cantidades, se puede detectar fácilmente en mezclas con otros aceites, incluso después de su hidrogenación. La extraordinaria estabilidad de este aceite se debe, sin duda, a la acción antioxidante de algunas de estas sustancias.

El contenido en ácidos libres del aceite extraído de semillas bien conservadas es de 0,0 - 1%.

De acuerdo a las investigaciones realizadas por Bailey (1984), todas las muestras de aceite de sésamo examinadas han dado índices de iodo comprendidos entre 109 y 113; aunque en la literatura se encuentran valores tan bajos como 103 y tan altos como 116. El aceite de sésamo no se enturbia a temperaturas inferiores a los 0°C. Los valores medios para otras características son los siguientes: índice de saponificación = 191, índice de refracción a 60°C = 1,4582, densidad a 60°C = 0,892 y contenido en materia insaponificable = 1,2%.

Las características recomendadas por la American Oil Chemist's Society (citado en Bailey, 1984) son presentadas en la Tabla 1.

Los análisis de aceite de sésamo publicados por tres grupos diferentes de investigadores, vienen dados en la Tabla 2. La muestra estudiada por Jamieson y Baughman (citados en Bailey, 1984) era originaria de china; la de Hilditch, Ichaporía y Jaspersón (citados en Bailey, 1984), de la India, y la de Hilditch y Riley (citados en Bailey, 1984) es de procedencia no especificada.

Tabla 1. Características recomendadas por la A.O.C.S.

Parámetros	Valores
Densidad, 20°C/ agua 20°C	0,915-0,923
Índice de refracción, 25°C	1,470-1,474
Índice de iodo	103-116
Índice de saponificación mg KOH/ g aceite	188-195
Materia insaponificable, %	No más de 1,8
Temperatura, °C	20-24

Fuente: Bailey, (1984).

Tabla 2. Características y composición centesimal en peso del aceite de sésamo

Análisis	J. y B.	H. I. y J.	H. y R.
Índice de iodo	110,8	109,6	110,6
Índice de saponificación	189,3	190	-
Densidad a 25°C	0,9187	-	-
Índice de refracción a 20°C	1,4137	-	-
Acidos grasos:			
Mirístico	-	-	0,1
Palmítico	7,8	9,1	8,2
Esteárico	4,7	4,3	3,6
Aráquico	0,4	0,8	1,1
Total saturados	12,9	14,2	13,0
Hexadecenoico	-	-	0,5
Oleico	49,4	45,4	45,3
Linólico	37,7	40,4	41,2
Total no saturados	87,1	85,8	87,0

Fuente: Bailey, (1984).

El programa conjunto FAO-OMS sobre normas alimentarias (1993) publicó los resultados de una investigación realizada para determinar la composición (%) de ácidos grasos del aceite de sésamo. Esta investigación se realizó utilizando la técnica de Cromatografía Gas-Líquido (CGL). Los resultados se muestran en la Tabla 3.

3.2 Materias primas para la fabricación de los jabones

Desde el punto de vista químico, el jabón es una sal. Se obtiene mediante el proceso de saponificación, que consiste en la reacción de hidrólisis de ácidos grasos o de aceites con una base (hidróxido de sodio o de potasio). Esta reacción produce la sal del ácido graso empleado, es decir, el jabón más glicerina.

En la fabricación del jabón, las características físicas y químicas del producto dependen directamente de las materias primas empleadas.

Los aceites y grasas utilizados para la saponificación con hidróxido de sodio o de potasio pueden ser de cualquier calidad, ya que desde el punto de vista de la composición química, son perfectamente sustituibles en general. Por ejemplo, el sebo que se emplea en la fabricación de jabón es de calidad distinta, desde la más baja correspondiente al sebo obtenido de los desperdicios (utilizada en jabones baratos) hasta los sebos comestibles que se usan en jabones finos de tocador. En el caso de los aceites, de estos existe una gran diversidad, pero los más empleados en la fabricación de los jabones han sido, el aceite de coco y de palma (Fuentes y Núñez, 2010).

Tabla 3. Composición (%) de ácidos grasos determinada mediante CGL

Número de Carbonos	Número de dobles enlaces	Porcentajes
C	<14	<0,1
C	14:0	<0,5
C	16:0	7,0-12
C	16:1	<0,5
C	18:0	3,5-6,0
C	18:1	35-50
C	18:2	35-50
C	18:3	<1,0
C	20:0	<1,0
C	20:1	<0,5
C	22:0	<0,5

Fuente: Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias, (1993).

A continuación se indican las materias primas más importantes empleadas en la fabricación de jabones:

- ✓ Alcalis (Hidróxido de sodio o de potasio).
- ✓ Agua.
- ✓ Grasa animal o aceite vegetal.

3.2.1 Alcalis: Hidróxido de sodio o de potasio

Los dos álcalis que se usan en la producción de jabón son el hidróxido sódico, también llamado lejía o sosa cáustica, y el hidróxido de potasio o potasa cáustica. Los jabones con sosa son sólidos, mientras que los que contienen potasa son líquidos. Para su uso comercial, la sosa cáustica se produce mediante la electrólisis del agua salada; el otro producto derivado de este proceso es el cloro, usado para blanquear y tratar el agua (Fuentes y Núñez, 2010).

3.2.2 Agua

Es recomendable utilizar agua destilada siempre que sea posible, el agua del grifo es demasiado dura y contiene demasiado magnesio y calcio que produce

sales ácidas grasas insolubles. Una alternativa es utilizar agua blanda obtenida mediante un ablandador de agua o un purificador de osmosis. El agua blanda debe ser baja en hierro, en magnesio y en calcio, puesto que las sales de hierro expuestas a un pH elevado se vuelven marrones debido a la formación de hidróxidos de hierro, un precipitado gelatinoso. La formación de estos hidróxidos de hierro también consumirá parte de la solución de lejía (Fuentes y Núñez, 2010).

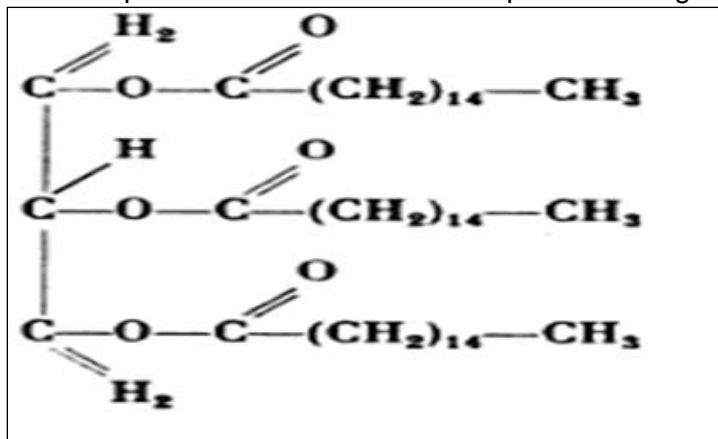
3.2.3 Grasa animal o aceite vegetal

Las grasas y aceites son los componentes por excelencia del jabón, ocupan cerca del 70-80% de su peso total (Soft & Pure, s.f.). De acuerdo a Mayer (1975), las grasas y aceites animales y vegetales están formadas sin excepción, por ésteres glicéridos de los ácidos grasos superiores (con 4 y más átomos de carbono), teniendo importancia tanto los ácidos saturados como los no saturados.

Fuentes y Núñez (2010) aseguran que los jabones vegetales son más blandos que los animales y por ello, su período de conservación es menor. Sin embargo, su espuma es más rica y suave. Una de las ventajas de trabajar con aceites vegetales en lugar de hacerlo con grasa animal es que no hay que derretirlos. La gran mayoría de los aceites vegetales, por no decir todos, que se comercializan en la actualidad están purificados y preparados para su uso. El inconveniente es que suelen ser más caros que las grasas animales.

El aceite elegido dependerá de la calidad y el carácter que se quiera dar al producto final. La mayoría de los fabricantes de jabones usan como aceite base, aceite de coco o de palma, el cual es abundante y relativamente barato (Fuentes y Núñez, 2010). Mayer (1975) indica que las grasas y los aceites vegetales sólo contienen ácidos grasos con un número par de átomos de carbono. Como ejemplo, en la siguiente figura, se presenta la fórmula de una grasa, constituida por ácido palmítico esterificado con glicerina (tripalmitato de glicerina).

Figura 1. Representación molecular del tripalmitato de glicerina



Fuente: Mayer, (1975).

Los ácidos grasos pueden ser clasificados como saturados o insaturados dependiendo de la presencia de dobles enlaces. Los ácidos oleicos, linoleico y linolénico son todos insaturados, mientras que los ácidos láurico, mirístico, esteárico y palmítico son moléculas saturadas. Las grasas sólidas tienden a contener ácidos grasos saturados y los aceites se componen, en su mayoría, de ácidos grasos insaturados (Soft & Pure, s.f.).

De acuerdo a Fuentes y Núñez (2010), los jabones duros se fabrican con aceites y grasas que contienen un elevado porcentaje de ácidos saturados, que se saponifican con hidróxido de sodio. Los jabones blandos, son jabones semifluidos que se producen con aceite de lino, aceite de semilla de algodón y aceite de pescado, los cuales se saponifican con hidróxido de potasio.

En la Tabla 4 se muestran las estructuras y puntos de fusión de algunos ácidos grasos comunes.

Además para Mayer (1975), los ácidos grasos más convenientes para la fabricación de jabones son:

- ✓ Láurico.
- ✓ Palmítico.
- ✓ Esteárico.
- ✓ Oleico.

En cambio Fuentes y Núñez (2010) aseguran que los ácidos láurico y mirístico son los principales responsables para producir abundante espuma, aunque son más ásperos que los ácidos grasos de cadenas más largas como el ácido oleico, el constituyente principal del aceite de oliva.

Los altos niveles de ácido linoleico y especialmente de ácido linolénico producen generalmente una tendencia a volver rancio el jabón (cuando se almacena en condiciones de humedad y altas temperaturas) y el aceite mismo, por lo que debería utilizarse algún tipo de antioxidante adicional. No obstante, los aceites con altos niveles de ácidos linoleico o linolénico penetran más fácilmente en la piel produciendo un efecto suavizante, por este motivo, estos aceites suelen utilizarse en aceites de baño y en fórmulas de productos cosméticos para la piel.

3.2.3.1 Propiedades físicas de aceites y grasas

Sus propiedades físicas están relacionadas con el tipo y estructura de los ácidos grasos dentro de las moléculas. Al igual que en los ácidos grasos libres, entre mayor sea el grado de insaturación, menor será el punto de fusión. La mayoría de los puntos de fusión de los triacilglicéridos saturados son mayores que los de los triacilglicéridos monoinsaturados. Los poliácilglicéridos poliinsaturados tienen los puntos de fusión más bajos. A temperatura ambiente los triacilglicéridos saturados tienden a ser sólidos o semisólidos y se denominan con el nombre de grasas y los insaturados tienden a ser líquidos y se denominan aceites.

Tabla 4. Estructura y puntos de fusión de ácidos grasos comunes

Fórmulas	Nombre	Punto de fusión, (°C)	Localización doble enlace y estereoquímica	Origen
$n\text{-C}_{11}\text{H}_{23}\text{COOH}$	Ácido láurico	44.2		Aceite de coco, aceite de semilla de palma
$n\text{-C}_{13}\text{H}_{27}\text{COOH}$	Ácido mirístico	53.9		Aceite de coco, aceite de semilla de palma
$n\text{-C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOH}$	Ácido palmítico	63.1		Casi todos los aceites vegetales y grasas animales
$n\text{-C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$	Ácido esteárico	69.6		Casi todos los aceites vegetales y grasas animales
$n\text{-C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$	Ácido oleico ^a	16.0	cis - 9	Casi todos los aceites vegetales y grasas animales (aceitunas, nueces, frijoles), aceite de pulpa de madera
$n\text{-C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$	Ácido linoleico ^a	-9.5	cis- 9, cis-12	Aceite de pulpa de madera, casi todos los aceites vegetales (cártamo, girasol, soya)
$n\text{-C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$	Ácido linolénico ^a	-1.3	cis-9, cis-12, cis-15	Aceite de linaza
$n\text{-C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$	Alfa - eleosteárico	48.5	cis-9, trans-11, trans-13	Aceite de aleurita
$n\text{-C}_{17}\text{H}_{29}\text{COOH}$	Beta- eleosteárico	71.5	trans-9, trans-11, trans-13	Aceite de aleurita
$n\text{-C}_{17}\text{H}_{29}(\text{OH})\text{COOH}$	Ácido ricinoleico	5	cis-9	Aceite de ricino

Fuente: Fuentes y Núñez, (2010).

Nota: los superíndices hacen referencia a las estructuras moleculares que se detallan a continuación:

- ✓ **Ácido oleico^a:** $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
- ✓ **Ácido linoleico^a:** $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
- ✓ **Ácido linolénico^a:**
- ✓ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$
- ✓ **Ácido ricinoleico: Ácido 12 – Hidroxioleico:**
- ✓ $\text{CH}_2(\text{CH}_2)_4\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

Una de las propiedades más prominentes y significativas de los ácidos grasos y de los triacilglicéridos, es ciertamente su falta de afinidad por el agua. Este carácter hidrofóbico es esencial para la construcción de las complejas estructuras biológicas y para la separación del entorno acuoso (Portal Químico, 2005).

De acuerdo a Burke (2005), la diferencia en la composición Química entre grasas y aceites aumenta significativamente las diferencias en sus propiedades físicas, afectando también a los productos resultantes en forma de ácidos grasos y jabones. Las composiciones encontradas en algunas grasas y aceites comercialmente importantes se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5. Composición de ácidos grasos de grasas y aceites comunes

Common Name	Chemical Name	Chemical Formula	Symbol	Animal Fats, %		Vegetable Oils, %		
				Tallow	Lard	Coconut	Palm kernel	Soybean
Saturated Fatty Acids								
caprylic	octanoic	C ₈ H ₁₆ O ₂	C 8			7	3	
capric	decanoic	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	C10			6	3	
lauric	dodecanoic	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	C12			50	50	0.5
myristic	tetradecanoic	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	C14	3	1.5	18	18	0.5
palmitic	hexadecanoic	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	C16	24	27	8.5	8	12
margaric	heptadecanoic	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	C17	1.5	0.5			
stearic	octadecanoic	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	C18	20	13.5	3	2	4
Unsaturated Fatty Acids								
myristoleic	tetradecenoic	C ₁₄ H ₂₆ O ₂	C14:1	1				
palmitoleic	hexadecenoic	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	C16:1	2.5	3			
oleic	octadecenoic	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	C18:1	43	43.5	6	14	25
linoleic	octadecadienic	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	C18:2	4	10.5	1	2	52
linolenic	octadecatrienic	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	C18:3	0.5	0.5	0.5		6

Fuente: Burke, (2005).

Niveles altos de compuestos insaturados (conteniendo dobles enlaces) o de cadenas de longitud corta producen ácidos grasos que son líquidos y jabones que tienen una alta solubilidad en agua a temperatura ambiente. Lo opuesto se da cuando se tienen compuestos con altos niveles de saturación o cadenas de longitud larga que producen ácidos grasos duros y jabones que son esencialmente insolubles a temperatura ambiente.

La calidad de las grasas y los aceites usados en la elaboración de los jabones, es importante en la producción de los productos comerciales. Las grasas y los aceites son obtenidos de diferentes recursos animal y vegetal y contienen diferentes impurezas intrínsecas.

Todas estas impurezas afectan las propiedades físicas, tales como el olor y color de las grasas y aceites y pueden causar una degradación adicional de las grasas y los aceites en su almacenamiento. En el caso de los jabones comerciales, es deseable mantener estas impurezas al mínimo posible, primero por razones de estabilidad en su almacenamiento y segundo por las consideraciones de calidad de los productos terminados (Burke, 2005).

3.3 Análisis físicos y químicos de aceites utilizados en la elaboración de jabones

Herrera et al. (2003) ha afirmado que las grasas y los aceites pueden ser identificados por sus constantes químicas y físicas. Las constantes químicas más usadas son el índice de yodo y el índice de saponificación, en cambio, las constantes físicas de mayor empleo son la gravedad específica, el índice de refracción y el punto de fusión (en el caso de las grasas). Existen pruebas que evalúan la calidad de una grasa o de un aceite, de acuerdo con su grado de rancidez, como el valor del ácido tiobarbitúrico (TBA) y el índice de peróxidos.

Por otro lado, Fuentes y Núñez (2010) mencionan que existen un gran número de análisis para evaluar las características químicas de las grasas y aceites, sobre todo instrumentales, que son rápidos y exactos. No obstante, los tradicionalmente usados son de rutina en muchos laboratorios e industrias y se emplean para llevar a cabo un control de calidad adecuado. Los resultados de estos análisis ofrecen mucha información sobre la naturaleza, el origen y el posible comportamiento en diferentes condiciones de almacenamiento.

A continuación se describen los análisis fisicoquímicos más comunes aplicados a los aceites en las industrias:

- a. **Densidad:** este ensayo consiste en determinar la equivalencia en masa de una unidad en volumen de una sustancia (Fuentes y Núñez, 2010).
- b. **Índice de saponificación:** Fuentes y Núñez (2010) aseguran, que este ensayo consiste en saponificar completamente una cantidad, exactamente medida de la muestra a ensayar, mediante un exceso de solución alcohólica de hidróxido de potasio, valorando luego dicho exceso con HCl. Este índice representa el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar 1g de sustancia grasa. En el caso del aceite de sésamo, el índice de saponificación (mg de NaOH/g de aceite) es de 0.133 (Galema et al. 2012). Aunque para Biosan (2013), el índice de saponificación puede llegar a tener valores en el rango de 183 a 197.

✓ Aplicación práctica

Los índices de saponificación de cada tipo de grasa o aceite, encuentran su aplicación más extendida en el campo de la jabonería, donde es

utilizado para determinar la cantidad exacta de sosa o potasa, dependiendo del tipo de aceite que vayamos a utilizar, necesaria para que el jabón esté completamente saponificado (Prior, 2003, citado en Cruz, 2004).

Para Fuentes y Núñez (2010), el valor o índice de saponificación (SAP) de un aceite o grasa determinado, es la cantidad de hidróxido potásico (potasa cáustica) en miligramos necesaria para saponificar 1 g de aceite o grasa. Cada aceite o grasa tiene un valor SAP distinto. Por lo tanto, para saponificar distintos aceites y grasas se necesitan cantidades diferentes de hidróxido potásico y, por consiguiente, de hidróxido sódico.

La Tabla 6 muestra el valor del índice de saponificación de algunos aceites y ceras y la cantidad de sosa cáustica necesaria para que ocurra la saponificación de ese aceite.

- c. **Materia insaponificable:** se define como el material que existe en aceites y grasas, el cual después de la saponificación del aceite o de la grasa con álcali cáustico y extracción con un disolvente orgánico apropiado, permanece sin volatilizarse al secar a 80°C (Fuentes y Núñez, 2010).
- d. **Índice de yodo:** Herrera et al. (2003) plantean que la determinación del índice de yodo en aceites o grasas que contienen enlaces dobles, se basa en la absorción del halógeno según ciertas condiciones, para provocar resultados estequiométricas. Como agentes de halogenación, se emplean corrientemente el yodo, el monoclóruo o el monobromuro de yodo. Los resultados se expresan en términos de yodo, (cg de yodo/g de aceite o grasa), independientemente del halógeno o combinación de halógenos empleados.
- e. **Índice de refracción:** puede ser definido como la relación de la velocidad de la luz en el aire y su velocidad en el medio en cuestión. Esta característica se presenta como una forma simple y exacta para determinar el grado de pureza de una grasa. El índice de refracción puede ser obtenido en algún tipo de refractómetro, por ejemplo el de Abbé. La lectura se realiza normalmente a 40°C, o, en su defecto, se hace una corrección a la temperatura a la que se efectúa la medición, multiplicando la constante 0,000365 por cada grado Celsius de cambio en la temperatura normal de lectura (Herrera et al., 2003).
- f. **Índice de acidez:** el índice de acidez de un aceite o de una grasa, se define como el número de miligramos de hidróxido de sodio requeridos para neutralizar la acidez libre por gramo de muestra. A menudo, el resultado se expresa como el porcentaje de ácido oleico presente en la muestra.

Tabla 6. Índice de saponificación de algunos aceites

Grasa o Aceite	Índice de saponificación	Cantidad de NaOH
Aceite de aguacate	187,5	133,7
Aceite de almendra	192,5	137,2
Aceite de almendras dulces	192,5	137,2
Aceite de avellana	195	139
Aceite de cacahuate	192,1	136,9
Aceite de caléndula	190	137,5
Aceite de cártamo	192	136,9
Aceite de castor	180,3	128,5
Aceite de coco	268	191,2
Aceite de germen de trigo	185	131,9
Aceite de jojoba	97,5	69,5
Aceite de maíz	192	129,8
Aceite de medula de palma	219,9	156,8
Aceite de nuez macadamia	195	139
Aceite de oliva	189,7	135,2
Aceite de onagra	191	136,2
Aceite de palma	199,1	141,9
Aceite de semilla de albaricoque	190	135,5
Aceite se semillas de girasol	188,7	134,5
Aceite de sésamo	187,9	133,9
Aceite de soja	190,6	135,9
Manteca de cacao	193,8	138,2
Manteca de cerdo	194,6	138,7
Manteca de karité	180	128,3
Sebo de ternera	197	140,5
Cara de abeja (Ceras)	88	62,7
Lanolina (Ceras)	82	58,5

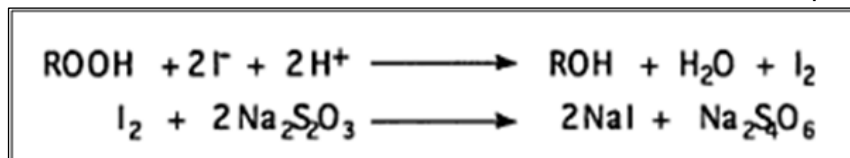
Fuente: Fuentes y Núñez, (2010).

El índice de acidez es una medida del grado de descomposición del aceite o de la grasa, por acción de las lipasas o por alguna otra causa. La descomposición se acelera por la luz y el calor. Como la rancidez se acompaña usualmente por la formación de ácidos grasos libres, la determinación es usada con frecuencia, como una indicación general de la condición y comestibilidad de los aceites y las grasas (Herrera et al., 2003).

- g. Índice de peróxidos:** los productos iniciales en la oxidación (rancidez) de aceites y de grasas son los hidroperóxidos ($R-OOH$), sin embargo, se denominan normalmente peróxidos. La determinación de peróxidos se basa en su capacidad de liberar yodo de una disolución de yoduro de potasio en ácido acético glacial. El yodo formado se valora con una

disolución patrón de tiosulfato de sodio, utilizando una disolución de almidón como indicador (Figura 2).

Figura 2. Reacciones involucradas en la determinación del índice de peróxido



Fuente: Herrera et al., (2003).

3.4 Diseño de experimentos

El *diseño de experimentos* es la aplicación del método científico para generar conocimiento acerca de un sistema o proceso, por medio de pruebas planeadas adecuadamente. Esta tecnología se ha ido consolidando como un conjunto de técnicas estadísticas y de ingeniería, que permiten entender mejor las situaciones complejas de relación causa-efecto (Pulido y De La Vara, 2008).

Los modelos de diseño de experimentos son modelos estadísticos clásicos cuyo objetivo es averiguar si unos determinados factores influyen en una variable de interés (variable o variables respuesta) y, si existe influencia de algún factor, cuantificar dicha influencia.

La utilización de los modelos de diseño de experimentos se basa en la experimentación y en el análisis de los resultados que se obtienen en un experimento bien planificado.

Diseñar un experimento, es planear un conjunto de pruebas experimentales, de tal manera que los datos generados puedan analizarse estadísticamente para obtener conclusiones objetivas y válidas sobre el sistema o proceso. En un diseño experimental el investigador establece un conjunto particular de circunstancias, bajo un protocolo específico para observar y evaluar las implicaciones de las observaciones resultantes (Control de ingeniería de la calidad, s.f).

En general, un diseño de experimentos, es un proceso activo para planear el experimento de tal forma que se reciben datos adecuados que pueden analizarse con métodos estadísticos que llevarán a conclusiones válidas y objetivas; es decir, estamos hablando de un método científico.

3.4.1 Etapas en el diseño de experimentos

Un aspecto fundamental del diseño de experimentos es decidir cuáles pruebas o tratamientos se van a realizar y cuántas repeticiones de cada uno se requieren, de manera que se obtenga la máxima información al mínimo costo posible. El

arreglo formado por los diferentes tratamientos que serán corridos, incluyendo las repeticiones, recibe el nombre de *matriz de diseño o sólo diseño*.

Para que un estudio experimental sea exitoso es necesario realizar, por etapas, diferentes actividades. En este sentido, la etapa más importante y a la que se le debe dedicar mayor tiempo es la planeación. A continuación, se describen de manera breve las etapas del diseño de experimentos con objeto de dar una visión global de lo que implica su correcta aplicación.

- ✓ ***Entender y delimitar el problema u objeto de estudio:*** en esta etapa se deben hacer investigaciones preliminares que conduzcan a entender y delimitar el problema u objeto de estudio, de tal forma que quede claro qué se va a estudiar, por qué es importante y, si es un problema, cuál es la magnitud.
- ✓ ***Elegir la(s) variable(s) de respuesta que será medida en cada punto del diseño y verificar que se mide de manera confiable:*** la elección de esta(s) variable(s) es vital, ya que en ella se refleja el resultado de las pruebas. Por ello, se deben elegir aquellas que mejor reflejen el problema o que caractericen al objeto de estudio. Además, se debe tener confianza en que las mediciones que se obtengan sobre esas variables sean confiables. En otras palabras, se debe garantizar que los instrumentos y/o métodos de medición sean capaces de repetir y reproducir una medición, con la precisión (error) y exactitud (calibración necesaria) deseada. Los sistemas de medición son la forma en la que se percibe la realidad, por lo que si éstos son deficientes, las decisiones que se tomen con base en estos (mediciones) pueden ser inadecuadas.
- ✓ ***Determinar cuáles factores deben estudiarse o investigarse, de acuerdo a la supuesta influencia que tienen sobre la respuesta:*** no se trata de que el experimentador tenga que saber a priori cuáles factores influyen, puesto que precisamente para eso es el experimento, pero sí de que se utilice toda la información disponible para incluir aquellos que se considera que tienen un mayor efecto.
- ✓ ***Seleccionar los niveles de cada factor, así como el diseño experimental adecuado a los factores que se tienen y al objetivo del experimento:*** este paso también implica determinar cuántas repeticiones se harán para cada tratamiento (en el caso de ser posible), tomando en cuenta el tiempo, el costo y la precisión deseada.
- ✓ ***Planear y organizar el trabajo experimental:*** con base en el diseño seleccionado, organizar y planear con detalle el trabajo experimental, por ejemplo, las personas que van a intervenir, es decir, la forma operativa en que se harán las cosas.

- ✓ **Realizar el experimento:** seguir al pie de la letra el plan previsto en la etapa anterior.

3.4.2 Clasificación y selección de los diseños experimentales

Existen muchos diseños experimentales para estudiar la gran diversidad de problemas o situaciones que ocurren en la práctica. Esta cantidad de diseños hace necesario saber cómo elegir el más adecuado para una situación dada y, por ende, es preciso conocer, cómo es que se clasifican los diseños de acuerdo con su objetivo y su alcance.

Los cinco aspectos que más influyen en la selección de un diseño experimental, en el sentido de que cuando cambian por lo general nos llevan a cambiar de diseño, son los siguientes:

- ✓ El objetivo del experimento.
- ✓ El número de factores a estudiar.
- ✓ El número de niveles que se prueban en cada factor.
- ✓ Los efectos que interesa investigar (relación factores-respuesta).
- ✓ El costo del experimento, tiempo y precisión deseada.

Estos cinco puntos no son independientes entre sí, pero es importante señalarlos de manera separada, ya que al cambiar cualquiera de ellos generalmente cambia el diseño experimental a utilizar.

El *objetivo del experimento* se utiliza como un criterio general de clasificación de los diseños experimentales, mientras que los otros cuatro puntos son útiles para subclasificarlos. En este sentido, de acuerdo con su objetivo y sin pretender ser exhaustivo, los diseños se pueden clasificar como:

- a. Diseños para comparar dos o más tratamientos.
- b. Diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre la(s) respuesta(s).
- c. Diseños para determinar el punto óptimo de operación del proceso.
- d. Diseños para la optimización de una mezcla.
- e. Diseños para hacer el producto o proceso insensible a factores no controlables.

En la Tabla 7 se muestra la clasificación general de los diseños experimentales de acuerdo con su objetivo. Dentro de cada rama se pueden clasificar de acuerdo al número de factores, al tipo de efectos que se pretende estudiar y según las restricciones existentes. En la misma tabla (Tabla 7) se listan los diseños particulares más representativos de cada rama.

En general, se escoge el tipo de diseño (modelo) adecuado para el cumplimiento de los objetivos del experimento, teniendo en cuenta los aspectos económicos

para que el experimento sea eficiente. También se determina el número de repeticiones de cada tratamiento, tomado en cuenta la confiabilidad y precisión deseadas en los resultados.

Tabla 7. Clasificación de los diseños experimentales

Objetivos del experimento	Tipos de diseños de experimentos	
Diseños para comparar dos o más tratamientos	Diseño completamente al azar Diseño de bloques completos al azar Diseños de cuadro latinos y grecolatino	
Diseños para estudiar el efecto de varios factores sobre una o más variables de respuesta	Diseños factoriales 2^k Diseños factoriales 3^k Diseños factoriales fraccionados 2^{k-p} Diseños factoriales mixtos.	
Diseños para la optimización de procesos	Diseño para el modelo de primer orden	Diseños factoriales 2^k y 2^{k-p} Diseño de Plackett-Burman Diseño simplex
	Diseño para el modelo de segundo orden	Diseño de composición central Diseño de Box-Behnken Diseños factoriales 3^k y 3^{k-p}
Diseños robustos	Arreglos ortogonales (diseños factoriales) Diseños con arreglos interno y externo	
Diseño de mezclas	Diseño Simplex-reticular Diseño simplex con centroide Diseño con restricciones Diseño axial	

Fuente: elaboración propia.

3.4.2.1 Diseños factoriales mixto

El objetivo de un diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores. Los factores pueden ser de tipo cualitativo (máquinas, tipos de materiales, operador, la presencia o ausencia de una operación, etc.). Para estudiar la manera en que influye cada factor sobre la variable de respuesta es necesario elegir al menos dos niveles de prueba para cada uno de ellos.

La matriz de diseño o arreglo factorial, es el conjunto de puntos experimentales o tratamientos que pueden formarse considerando todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores. Por ejemplo, se tiene $k = 2$ factores, ambos tienen dos niveles, por lo tanto, se forma el diseño factorial $2 \times 2 = 2^2$, el cual consistirá de cuatro combinaciones o puntos experimentales. Si ahora uno tiene tres niveles y el otro dos, se puede construir 3×2 combinaciones que dan lugar al diseño factorial 3×2 . Si el experimento requiere de réplicas, en este caso, para obtener el número de corridas experimentales se multiplica el número de tratamientos por el número de réplicas.

En general, la familia de diseños factoriales se puede expresar como a^k donde “a” se refiere al número de niveles de cada factor y el subíndice “k” al número de factores.

En el caso de que los “k” factores no tengan la misma cantidad de niveles, debe escribirse el producto de manera explícita; por ejemplo, con $k=3$ factores, el primero con cuatro niveles y los dos restantes con dos niveles, se tiene el diseño factorial $4 \times 2 \times 2$. Este tipo de diseño, donde los factores tienen diferentes niveles, se les llama diseños factorial mixtos.

El diseño factorial mixto es empleado a menudo, cuando los factores estudiados no tienen el mismo número de niveles. Por ejemplo, el factorial $4 \times 3 \times 2$ significa que se experimenta con tres factores, con 4, 3 y 2 niveles, respectivamente. El total de tratamientos es de 24.

El diseño factorial mixto, es frecuentemente utilizado cuando, por su naturaleza discreta o categórica, los factores tienen un número finito y distintos niveles, y el interés es estudiar todos los niveles.

3.5 Clasificación de los jabones

De acuerdo a Fuentes y Núñez (2010), los jabones se clasifican de acuerdo a su estado físico y el uso principal para el que fueron formulados. En general, los jabones suelen clasificarse en:

- a. **Jabones de tocador en barra o escama:** son los jabones sólidos formulados principalmente para ser utilizados en el tocador.
- b. **Jabón de tocador líquido:** son los jabones líquidos formulados principalmente para ser utilizados en el tocador. Se pueden clasificar en tres tipos: naturales, semi-sintéticos y sintéticos (Whalley, 1993, citado en Valderrama, 2012).
- c. **Jabones para lavar en barra o escama:** son los jabones sólidos formulados para ser usados principalmente en el lavado de la ropa.

3.5.1 Jabones base de tocador

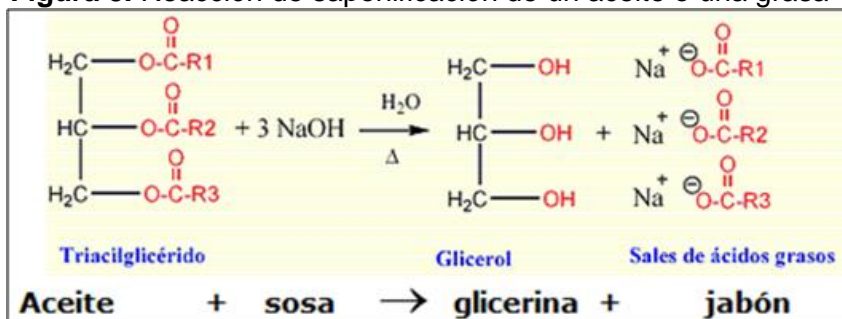
Para la obtención de jabones bases de tocador los aceites y grasas vegetales deben ser sometidos a una reacción de saponificación.

Herrera, Bolaños y Rutz (2003) expresan que el término saponificación significa la hidrólisis de un éster para formar el correspondiente alcohol y el ácido o la sal del ácido correspondiente. Aplicado a las grasas y aceites, denota la reacción entre una base fuerte y un aceite o una grasa, dando como resultado la formación de un jabón (sal alcalina de los ácidos grasos) y glicerina.

Herrera et al. (2003) también hace énfasis en que la reacción de saponificación tiene lugar en dos etapas, las cuales son:

- ✓ Liberación de los ácidos grasos.
- ✓ La neutralización del álcali y los ácidos grasos, formándose el jabón (Figura 3).

Figura 3. Reacción de saponificación de un aceite o una grasa



Fuente: Herrera, Bolaños y Rutz, (2003).

Algo similar había expuesto Mayer (1975) al afirmar que los ésteres grasos de la glicerina pueden desdoblarse por dos procedimientos, describiendo el primero en los siguientes términos: es el más antiguo, en éste se cuece la grasa con una lejía alcalina, por ejemplo KOH o NaOH, con lo que la grasa se desdobra en sus dos componentes principales, que son la glicerina y los ácidos grasos, al mismo tiempo que los ácidos forman con la lejía las sales potásicas o sódicas, es decir, los jabones.

Por otro lado Herrera et al. (2003) sostiene que las sales de sodio producen jabones duros y las de potasio jabones blandos. Los jabones deben su acción limpiadora a sus propiedades emulsificantes, lo que a su vez se debe a su naturaleza hidrosoluble del extremo hidrofílico y al carácter liposoluble del extremo hidrocarbonado de la molécula.

Los jabones base de tocador pueden ser elaborados a partir de grasas y aceites vegetales, sin embargo, para obtener un jabón de mayor calidad es

recomendable utilizar aceites vegetales o una combinación de menor porcentaje entre grasas y aceites vegetales.

Los jabones bases se caracterizan por no presentar olor ni color, sin embargo, es necesario que tengan una alta estabilidad oxidativa.

3.5.1.1 Factores más importantes que inciden en el proceso de elaboración de jabón base de tocador

En el proceso para la elaboración de jabón base de tocador, al igual que otros procesos de elaboración de jabones existen factores que inciden notablemente sobre las características del jabón final.

- a. **Temperatura:** en el proceso de producción de jabón se logra un mejor control de la temperatura de la reacción mientras menor sea la misma, normalmente a menos de 90° C. En general la mayoría de los jabones se pueden fabricar dentro de una amplia gama de temperaturas, pero el fabricante de acuerdo a su experiencia es el que decide la temperatura que favorece su producción (Universidad de los Andes, s.f.). Pero Burke, (2005), sugiere utilizar una temperatura de 90°C en el proceso industrial de saponificación.
- b. **Hidróxido de sodio:** la cantidad de hidróxido es un factor importante a considerar en la elaboración de jabones, una cantidad insuficiente no permitirá la neutralización de todos los ácidos grasos, mientras que un exceso dará como resultado un jabón muy alcalino el cual será muy abrasivo para la piel. Como se mencionó anteriormente, cada grasa o aceite vegetal se caracteriza por tener un valor requerido de hidróxido para ser saponificado, sin embargo, muchos autores recomiendan utilizar un exceso de hidróxido para asegurar que todos los ácidos se neutralicen. El porcentaje de hidróxido en la solución de lejía varía según lo expuesto por M. Dunn (2010), quien hace referencia a las concentraciones estándares citadas por los siguientes autores:
 - ✓ Bramson (1972), en su obra indica que la concentración del NaOH debe estar en el rango de 25-27%.
 - ✓ Cavitch (1997), menciona que este rango debe ser del 26-29%.
 - ✓ McDaniel (2000), cita que este rango debe ser del 33-38%.
 - ✓ Watson (2007), asegura que el rango empleado está entre el 33-38%.

3.5.2 Jabones líquidos naturales

Los jabones líquidos naturales basan su composición en mezclas de ácidos grasos de aceites vegetales, como coco y/o palma, a los que se les añade pequeñas cantidades de ácido oleico o ácidos grasos insaturados provenientes

de aceites de girasol, soya, castor u otros. Estos últimos son ricos en glicéridos de ácido oleico (Whalley, 1993, citado en Valderrama, 2012). La mezcla se neutraliza generalmente con hidróxido de potasio. No se usa hidróxido de sodio ya que el álcali de potasio genera sales más solubles que las de sodio. Los jabones líquidos naturales tienen el inconveniente de tener limitada solubilidad en aguas duras y un valor de pH muy alto (9-10) para mantenerse estables. El uso continuo de estos jabones ocasiona sequedad e irritación en la piel. (Valderrama, 2012).

3.5.2.1 Factores más importantes que inciden en el proceso de elaboración de jabón base líquido natural

Como se mencionó anteriormente, los jabones bases líquidos naturales se obtienen de aceites vegetales especialmente de coco y palma, debido a que estos aceites presentan un alto porcentaje de ácidos láuricos, los cuales se disuelven y forman espuma con mayor facilidad que otros ácidos grasos.

Durante la elaboración de jabón base líquido, los ácidos grasos deben asegurarse que hayan sido totalmente saponificados, puesto que cualquier grasa o aceite que no haya sido saponificada impedirá la creación de espuma y de consistencia. La presencia de ácidos grasos no neutralizados en el jabón, se puede deber a que quizás no se ha añadido suficiente cantidad de álcali, demasiado aceite o si la temperatura a la que se realiza la saponificación es relativamente baja (Failor, 2001).

- a. **Hidróxido de potasio:** el proceso de elaboración de jabón base líquido natural es bastante similar al proceso de jabón sólido. Se presenta una reacción de saponificación entre los aceites vegetales y un álcali, específicamente hidróxido de potasio. El hidróxido de potasio es la base de todos los jabones bases líquidos. El potasio es mucho más soluble que el sodio y menos propenso a formar cristales.

Las soluciones de hidróxido de potasio contienen generalmente un 50% más de agua que las de hidróxido de sodio. Por cada 400 g de hidróxido de potasio seco, se necesitan 1.2 kg de agua, lo cual representa un 25% del hidróxido de potasio en peso. Para asegurarse de que se neutralicen todos los ácidos grasos libres es necesario adicionar un exceso de álcalis, generalmente se utiliza un exceso aproximadamente del 10% de hidróxido de potasio (Failor, 2001). Pero Cavitch, (2003), considera utilizar un porcentaje de hidróxido de potasio del 32%.

- b. **Temperatura:** el proceso en caliente es una técnica sencilla por la cual una base de jabón se calienta a temperaturas relativamente altas, entre 82 °C a 93 °C, durante 2 o, 3 horas. Las elevadas temperaturas aseguran que todos los ácidos grasos libres queden neutralizados, cosa que es esencial para conseguir jabones líquidos de color cristalino (Failor, 2001).

Para perfeccionar su consistencia, el jabón suele cocerse durante horas o bien se procesa bajo presión en un recipiente cerrado. El jabón líquido industrial se cuece de ocho a veinticuatro horas o hasta que se consigue la transparencia deseada, y se le añade agua periódicamente para sustituir la parte que se ha evaporado. Este proceso requiere un equipo mecanizado que caliente y remueva el jabón durante todas esas horas. Incluso la fabricación industrial de jabón es algo imprecisa. Algunos lotes se solidifican y otros quedan fluidos (Cavitch, 2003). Según Cavitch, (2003), la temperatura de saponificación para jabones líquidos debe estar en el rango, 71 – 82 °C.

- c. Tipos de aceites:** para la elaboración de jabón base líquido se debe elegir el tipo de aceite a utilizar así como también la cantidad de álcali necesaria para su neutralización. A parte de la disponibilidad de los tipos de aceites, la elección es en parte una cuestión de estética. ¿Qué intensidad tiene el color del aceite? ¿Y el olor? Los aceites oscuros, como el de soya, le imprimen al jabón una fuerte tonalidad ambarina; los aceites con fuerte aroma, como el del sésamo, pueden cambiar la fragancia del jabón resultante.

Otra consideración que debe tenerse en cuenta al elegir el aceite es su estabilidad o caducidad. Los aceites líquidos son insaturados, por eso se combinan mejor con el oxígeno y no así las grasas saturadas, como el aceite de coco o sebo. La oxidación hace que se enrancien. En general, los aceites con alta proporción de ácido linolénico son los menos estables y los más propensos a enranciarse.

Una importante observación para los aceites líquidos con altos contenidos de ácido oleico (aceite de oliva, canola, maíz, cacahuete, etc.), es que deben usarse con moderación porque también contienen un porcentaje bastante elevado de sustancias que no saponifican y que pueden enturbiar el jabón líquido (Failor, 2001).

La Tabla 8 muestra las propiedades que brindan algunos aceites y grasas en la fabricación del jabón.

- d. Porcentaje de dilución del jabón líquido:** algunos jabones líquidos son menos viscosos que otros. Pero en general, la consistencia es el resultado directo del porcentaje de jabón con relación al porcentaje de agua (Cavitch, 2003).

En la fabricación industrial de jabón líquido, las concentraciones de jabón se refieren a los porcentajes de verdadero o auténtico jabón. El jabón auténtico es el peso combinado de los aceites y el hidróxido seco. El agua y cualquier otro aditivo de la fórmula no cuentan. El agua supone

aproximadamente del 35 al 40% del peso en la fórmula del jabón de potasio y del 60 al 65% restante de pasta es auténtico jabón.

Las proporciones de dilución van del 15 al 40% por una razón: En concentraciones muy inferiores al 15%, el jabón está demasiado claro para producir una buena espuma y en concentraciones progresivamente mayores, la solución empieza a convertirse de nuevo en pasta.

Cuanto más espesa sea la pasta, mayor cantidad de agua se necesitara para la dilución (Failor, 2001). Cavitch, (2003), utiliza valores del 35 – 40% del jabón para la dilución.

Tabla 8. Propiedades de las grasas y de los aceites para la fabricación de jabón

Grasa o aceite	Tipo de espuma	Propiedades limpiadoras	Acción sobre la piel	Aspecto en el jabón líquido	Como se saponifica
Almendra	Aceitosa, compacta, persistente	De medianas a buenas	Muy suave	Claro	Con bastante facilidad
Canola	Aceitosa, compacta, estable	Medianas	Suave	Claro	Con bastante facilidad
Coco	Rápida, burbujas densa, no dura	Excelentes	Acción abrasiva, pone la piel áspera	Claro	Deprisa
Colofonia	Aceitosa, espesa	Medianas	Suave	Muy claro	Muy deprisa
Oliva	Aceitosa, compacta, persistente	De medianas a buenas	Muy suave	Claro	Con bastante facilidad
Palma	Lenta, duradera, cerrada	Muy buenas	Muy suave	Muy turbio	Muy fácilmente
Resino	Espesa, duradera	Suficientes	Suave	Muy claro	Muy fácilmente
Sebo	Bastante lenta, duradera, espesa	Buenas	Muy suave	Muy turbio	Con bastante facilidad
Semilla de palma	Rápida, abundante, grandes burbujas, no dura	Excelente	Acción abrasiva, pone la piel áspera	Claro	Deprisa
Soja	Aceitosa, abundante estable	Suficiente	Suave	Claro	Con bastante facilidad

Fuente: Failor, (2001).

Para tener una idea a cerca de las diluciones empleadas en la fabricación del jabón líquido, la Tabla 9 muestras las guías de porcentajes de jabón autentico con sus respectivas diluciones.

Tabla 9. Guía de porcentajes de dilución

Porcentaje de jabón auténtico (%)	Agua incorporada por cada 453 g de pasta (g)
15	1,360
20	907
25	624
30	454
35	340
40	255

Fuente: Failor, (2001).

3.5.2.2 Calidad del jabón líquido natural

Un buen jabón líquido debe estar constituido por un líquido claro, su contenido de grasas no ha de ser inferior al 10 %. Se exige que tengan cuerpo, esto es que no sean ligeros como el agua, sino líquidos con cierto grado de cuajado (Guaita, 2009). No debe ocasionar resequedad sobre la piel, debe de hacer una espuma rápida, bastante y estable, además de tener una mejor apariencia (color y olor agradable) al consumidor. El jabón líquido requiere tener ciertas características físicas, como viscosidad media (alrededor de 2000 cps) y la cola de la gota que sale del pico de la válvula dosificadora debe ser corta¹ (Valderrama, 2012).

3.6 Análisis fisicoquímico de los jabones

En la manufactura de jabones se realizan ciertos ensayos analíticos en el transcurso de las operaciones y cuando éstos han sido elaborados. Algunos de los ensayos más importantes que se le realizan a los jabones son: contenido total de ácidos grasos, álcali libre, humedad y materia volátil, sal, materia insaponificable e insaponificada y glicerol (Fuentes y Núñez, 2010).

Las lejías se someten a ensayo para determinar la alcalinidad, la sal y el glicerol. Algunos de los ensayos más importantes que se le realizan a los jabones son ácidos grasos totales, el álcali libre, la humedad y materia volátil, la materia insaponificada e insaponificable, la sal y el glicerol.

¹una gota tiene cola corta cuando al cesar el flujo de producto se retrae rápido y no queda estirada como un hilo o chorro delgado.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Materia prima e insumos

La materia prima empleada para la elaboración de los jabones es conocida como aceite de sésamo (aceite de ajonjolí). Este aceite fue extraído de la semilla de sésamo por prensado y durante el proceso de extracción se le sometió a una temperatura de aproximadamente 80°C. El aceite no estaba caracterizado, no estaba refinado y tampoco estaba debidamente filtrado.

Entre los insumos empleados en la elaboración experimental de los jabones tenemos los siguientes: hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, ácido esteárico, ácido cítrico, cloruro de sodio y agua destilada.

4.1.2 Equipos y materiales

Para llevar a cabo el proceso de saponificación a nivel de laboratorio fue necesario la utilización del equipo de agitación digital con calefacción, ya que este equipo permitió mantener la temperatura constante en el sistema de baño maría que se implementó. En la siguiente figura se muestra una imagen del equipo en funcionamiento.

Figura 4. Plancha digital con calefacción



En todo proceso de saponificación es necesaria la agitación constante, la agitación manual es una opción, pero no es la mejor, debido a que a medida que avanza la reacción la mezcla de jabón y lejía tiende a volverse cada vez más viscosa y ello dificulta la agitación manual, por lo que se recomienda emplear durante dicho proceso la agitación mecánica.

Para garantizar un proceso de mezclado homogéneo, en la realización de las pruebas experimentales, se empleó un agitador de varilla para laboratorio, el cual es específico para trabajos de agitación, pues consta de un regulador de las revoluciones por minuto. En la Figura 5 se puede apreciar al agitador de varilla,

la marca del mismo y el mecanismo que se emplea para la regulación de las revoluciones por minuto.

Uno de los parámetros que fue necesario fijar en la realización de los experimentos era la temperatura a la cual se llevaría a cabo el proceso de saponificación, para ello se empleó un sistema de baño maría, siendo la temperatura verificada cada cierto tiempo con un termómetro marca Boekel cuya escala de temperatura comprende desde 20 hasta 160 °C. En la siguiente figura se presenta una imagen del termómetro durante un proceso de verificado de la temperatura antes del proceso de saponificación.

Figura 5. Agitador de varilla y sistema de regulación de las revoluciones por minuto



Figura 6. Verificación de la temperatura del sistema baño maría



En el proceso de lavado del jabón había que estar tomando el pH en cada lavado, ello con el fin de bajar el grado de alcalinidad que presentaban los jabones base de tocador, por lo que fue necesario el uso del pH metro marca Thermo Scientific. En la Figura 7 se presenta una imagen del pH metro empleado.

Finalizado el proceso de ajuste de alcalinidad del jabón, la masa resultante se filtraba empleando un equipo de filtración al vacío, tal como se muestra en la Figura 8.

Figura 7. Ph metro marca Thermo Scientific



Figura 8. Equipo de filtración al vacío, proceso de filtrado del jabón



Para la determinación de la humedad, el secado de filtros y el secado de los jabones, se utilizó el horno marca Boekel, el cual tiene un sistema de ajuste de la temperatura y un sistema de comprobación de la misma, al tener integrado en la parte superior un termómetro de la misma marca. En la Figura 9 se presenta una imagen del horno, durante la operación de secado para la determinación de humedad de los jabones base de tocador.

Debido a la gran precisión que se requería para el pesado de los filtros en la determinación de la humedad de los jabones y del aceite mismo que se sometía al proceso de saponificado, fue necesaria la utilización de una balanza de precisión especial, como la que se muestra en la Figura 10.

Una vez que el jabón era filtrado utilizando el sistema de filtración al vacío, el jabón se sometía a secado en el horno por 36 horas a una temperatura de 60 °C. Para que el jabón tomara una forma regular, este después de filtrado se introducía cuidadosamente a un molde de madera diseñado para tal uso y finalmente, la caja era introducida en el horno (Ver Figura 11).

Figura 9. Horno marca Boekel, durante la determinación de la humedad de los jabones base de tocador



Figura 10. Balanza analítica marca Metler Toledo



Figura 11. Moldes de madera empleados para darle forma al jabón y para facilitar el secado



4.2 Metodología

En este capítulo se presenta la metodología utilizada en la realización de este trabajo investigativo. Además, se describen los procedimientos empleados en la caracterización del aceite de sésamo, el tipo de diseño que se utilizó en la parte experimental de la investigación y los métodos analíticos por medio de los cuales fueron caracterizados los productos finales.

El desarrollo experimental de la investigación se llevó a cabo en el laboratorio de química general de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Ingeniería y en el laboratorio de Calidad del Aire del Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios Acuáticos (PIENSA).

4.3 Método de investigación

La presente investigación consistió en la realización de una evaluación a escala experimental de los principales parámetros fisicoquímicos de los productos jabón base de tocador y jabón base líquido natural. Para tal fin, se diseñó una matriz de experimentos haciendo uso del software estadístico conocido como Minitab 16.

La materia prima a utilizar es el aceite de sésamo, el cual fue sometido a un proceso de saponificación, para ello, se le adicionó a dicho aceite un álcali a diferentes concentraciones, los cuales están especificados en la matriz de experimentos que se presenta más adelante. Además, el proceso de saponificación se llevó a cabo variando la temperatura, la misma se detalla en la matriz. El proceso de saponificación fue sometido a agitación constante.

El método de validación de los resultados es cuantitativo ya que solamente se analizaron las variaciones de las variables respuestas medidas.

4.4 Caracterización fisicoquímica del aceite

Se efectuaron diferentes ensayos que permitieron caracterizar fisicoquímicamente el aceite de sésamo. Los ensayos realizados se llevaron a cabo según el Official Methods of Analysis of AOAC International 19th edition, (2012, Volume II, Dr. George W. Latimer, Jr.), los cuales se describen a continuación:

- a) **Densidad:** fue determinada utilizando el método establecido por la AOAC en el Official Method 985.19, (*Apparent Weight per Unit Volume and Specific Gravity of Fats and Oils. Pycnometer Method*). El procedimiento analítico se presenta en el anexo A.1. Se realizaron tres análisis para la determinación de la densidad promedio del aceite, los resultados se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados obtenidos para la densidad del aceite de sésamo

Muestra	Densidad (kg/m3)
1	923,06
2	920,4
3	922,56
Promedio	922,006667

Fuente: Elaboración propia.

- b) Índice de Saponificación:** este parámetro fue determinado por medio del método establecido por la AOAC en el Official Method Method 920.160 (Saponification Number of Oils and Fats, Titrimetric Method). El procedimiento analítico se presenta en el anexo A.2 Se realizaron cuatro análisis para la determinación del índice de saponificación promedio del aceite de sésamo, los resultados se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Resultados obtenidos para el índice de saponificación

Muestra	Índice de saponificación (mg KOH/g de aceite)
1	232,1048
2	229,3165
3	232,9615
4	234,9012
Promedio	232,321

Fuente: Elaboración propia.

- c) Materia insaponificable:** para la determinación de este parámetro se empleó el método establecido por la AOAC en el Official Method 972.28 (Fatty Acids total and Unsaponifiable Matter in Oils and Fats. Hexane Distillation). El procedimiento analítico se presenta en el anexo A.3.

Se realizaron tres análisis para determinar el porcentaje promedio de materia insaponificable en el aceite de sésamo, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Resultados obtenidos para la materia insaponificable

Muestra	Materia insaponificable (%)
1	0,1489876
2	0,89974088
3	1,10154359
Promedio	0,71675736

Fuente: Elaboración propia.

4.5 Diseño de la matrices de experimentales

Las pruebas experimentales realizadas se llevaron a cabo empleando un diseño factorial mixto. Sin embargo, debido a que en el presente trabajo se analizan los resultados de los parámetros fisicoquímicos de dos productos (jabón base de tocador y jabón base líquido natural), entonces, se hizo necesario realizar un análisis por separado de los principales factores y niveles a considerar en cada caso.

4.5.1 Factores y niveles del diseño factorial mixto propuesto para el jabón base de tocador

Para la realización del diseño experimental del jabón base de tocador se tomaron en cuenta tres factores ($k=3$) con un arreglo de $3 \times 3 \times 2$. Lo cual quiere decir, que el primer factor tiene tres niveles, el segundo tres y el tercero dos. En la siguiente tabla se detallan cada uno de los factores seleccionados y sus respectivos niveles.

Tabla 13. Factores y niveles seleccionados

Factores	Niveles	Fundamento Teórico
Temperatura	75 85 95	A niveles industriales Burke (2005) sugirió una $T=90^{\circ}\text{C}$.
%NaOH	25 30 35	✓ Cavitch (1997), menciona que $[\text{NaOH}]$ debe ser del 26-29%. ✓ Watson (2007), asegura que el rango empleado está entre el 33-38%.
Índice de saponificación	165.327 173.593	M. Dunn (2010), sugiere utilizar un exceso de NaOH.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los niveles seleccionados para el índice de saponificación (IS) del NaOH, estos se determinaron sobre la base de los resultados experimentales de la caracterización realizada al aceite (ver Tabla 11) donde, el índice de saponificación promedio del aceite fue de 232.32 mg/ (g aceite).

Conocido el índice de saponificación promedio del aceite, se puede calcular fácilmente el índice de saponificación para el NaOH, de la siguiente manera:

$$IS_{NaOH} = IS_{KOH} * \left(\frac{PM_{NaOH}}{PM_{KOH}} \right) \quad \text{Ecuación (1)}$$

Por lo que:

$$IS_{NaOH,1} = 232.2 \frac{\text{mgKOH}}{\text{g aceite}} * \left(\frac{40 \text{ mg NaOH}}{56 \text{ mg KOH}} \right) = 165.327 \frac{\text{mg NaOH}}{\text{g aceite}}$$

Este valor de **165.327 mg/ (g aceite)**, es el primer nivel del factor índice de saponificación, para el segundo nivel, se consideró estudiar el efecto que tendría un 5% de exceso del NaOH, por lo que simplemente al valor del $IS_{NaOH,1}$ se le sumó un 5%, tal y como se muestra a continuación:

$$IS_{NaOH,2} = 165.327 \frac{\text{mg NaOH}}{\text{g aceite}} + 165.327 \frac{\text{mg NaOH}}{\text{g aceite}} * 0.05 \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$IS_{NaOH,2} = 173.586 \frac{\text{mg NaOH}}{\text{g aceite}}$$

4.5.2 Factores y niveles del diseño factorial mixto propuesto para el jabón base líquido natural

Para la realización de la matriz de experimento se indagó en la bibliografía, además, de que se realizaron algunas pruebas preliminares del proceso de saponificación (anexo C), que sirvieron para identificar algunos de los factores que tienen mayor incidencia en el proceso.

La selección de los factores para el proceso de elaboración del jabón base líquido, se estudiaron los fundamentos teóricos, así mismo, sirvieron de mucha ayuda las pruebas preliminares de saponificación.

En la Tabla 14 se detallan los factores seleccionados en el proceso de obtención del jabón base líquido.

Tabla 14. Factores a considerar en el proceso de obtención del jabón base líquido

Factores	Medición
Temperatura	Termómetro de mercurio
Porcentaje de jabón base	% en peso
Concentración del KOH	% en peso

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que los factores que se eligieron para ambos procesos son los que se consideran que tienen mayor incidencia sobre el proceso de elaboración de los jabones. Una vez seleccionados los factores a evaluar, se procedió a seleccionar los niveles más convenientes para cada uno de los factores. Cabe mencionar, que la selección de los niveles para cada factor, están basado en las referencias teóricas. Los niveles seleccionados para cada factor se muestran en la Tabla 15.

De acuerdo a la información brindada en la Tabla 15, el diseño factorial mixto será de 3 factores con arreglo de 4x3x2. Es decir el primer factor tendrá 4 niveles, el segundo tres y el tercero dos.

Tabla 15. Factores y niveles seleccionados

Factores	Niveles	Fundamento Teórico
Temperatura	70 90	✓ Failor (2001), recomienda temperaturas entre 82-93°C. ✓ Cavitch (2003), sugiere que debe estar en el rango de 71-82°C.
%NaOH	25 30 35	✓ Failor (2001), menciona que la concentración de KOH debe ser del 25%. ✓ Cavitch (2003), considera que se debe utilizar un 32%.
Índice de saponificación	15 20 30 45	✓ Cavitch (2003), propone que las proporciones de jabón base deben ser del 15 al 45%.

Fuente: Elaboración propia.

4.6 Elaboración de las matrices de experimentos

4.6.1 Elaboración de la matriz de experimento: jabón base de tocador

El diseño de la matriz de experimento fue elaborado utilizando el Software de Minitab 16. La ventaja de usar este programa es que proporciona un método eficaz y sencillo para investigar simultáneamente los efectos de múltiples variables en cada una de las variables respuesta.

El diseño de experimento en Minitab consiste en una serie de corridas en la que se hacen cambios intencionados a las variables de entrada y en cada ejecución se recopilan datos.

En el caso de Minitab 16, este ofrece cuatro tipos de diseños de experimentos, cada uno con sus propias características (fortalezas y debilidades): factorial, de superficies de respuesta, de mezcla y de taguchi (robusto). Los pasos que debes seguir en Minitab 16 para crear, analizar y graficar un diseño experimental son similares para todos los tipos de diseño.

Otro aspecto importante de Minitab, es que cuando se está creando el diseño experimental, existe la opción de aleatorizar el diseño, lo cual ayuda a asegurar de que el modelo cumpla con ciertos supuestos estadísticos y también puede ayudar a reducir los efectos de factores no incluidos en el estudio, tales como los factores de incertidumbre, asociados al estudio de los tipos de errores.

Tomando en cuenta los factores y niveles detallados en la Tabla 13, se procedió al diseño del experimento factorial mixto utilizando el software de Minitab 16. Después de haber introducido los valores correspondientes a cada uno de los niveles de los factores, el programa nos crea automáticamente el diseño,

considerando un diseño completamente al azar, lo cual es opcional, pero en nuestro caso es completamente al azar.

El resultado del diseño factorial mixto se muestra en la Tabla 16. En la misma, se puede apreciar claramente el orden estadístico de cada una de las corridas experimentales y además especifica la combinación de los factores por niveles.

En la Tabla 17, se resumen los factores seleccionados y los niveles introducidos para cada factor, de acuerdo a los resultados obtenidos por Minitab 16.

Tabla 16. Diseño de experimento obtenido utilizando Minitab 16

Run Order	StdOrder	Temperatura	%NaOH	Índice de saponificación
1	1	75	25	165.327
2	9	85	30	165.327
3	12	85	35	173.593
4	11	85	35	165.327
5	10	85	30	173.593
6	3	75	30	165.327
7	18	95	35	173.593
8	17	95	35	165.327
9	4	75	30	173.593
10	7	85	25	165.327
11	2	75	25	173.593
12	16	95	30	173.593
13	14	95	25	173.593
14	5	75	35	165.327
15	6	75	35	173.593
16	8	85	25	173.593
17	15	95	30	165.327
18	13	95	25	165.327

Fuente: Resultados obtenidos de Minitab 16.

Tabla 17. Datos del diseño factorial mixto obtenido para el jabón base de tocador

Numero de factores experimentales	Número de corridas	Número de replicas
3	18	1

Fuente: Elaboración propia.

4.6.2 Elaboración de la matriz de experimento: jabón base líquido natural

Haciendo uso del software Minitab 16, se elaboró la matriz de experimento, tomando en consideración los factores y niveles detallados en la Tabla 15. Dicha matriz se presenta en la Tabla 18.

En la Tabla 19 se detallan de forma resumida los resultados obtenidos.

Tabla 18. Diseño de experimento obtenido utilizando Minitab 16

Run Order	StdOrder	Temperatura	%KOH	% jabón Base
1	6	70	35	20
2	2	70	25	45
3	18	70	35	15
4	16	70	25	20
5	19	90	30	15
6	4	90	35	45
7	5	70	25	30
8	20	90	25	30
9	12	90	30	45
10	24	70	30	15
11	17	90	35	30
12	1	70	30	20
13	14	70	35	30
14	21	70	25	15
15	11	70	30	45
16	15	90	25	20
17	13	90	30	30
18	7	90	25	15
19	3	70	30	30
20	22	70	35	45
21	10	90	25	45
22	8	90	35	15
23	23	90	30	20
24	9	90	35	20

Fuente: Resultados obtenidos de Minitab 16.

Tabla 19. Resumen de los resultados obtenidos en Minitab 16 para el jabón base líquido natural

Datos	Resultados
Numero de tratamientos	24
Orden	Aleatorio
Factores	3
Niveles	4x3x2
Bloques	1

Fuente: Elaboración propia.

Cabe la pena mencionar, que a pesar de que este es un estudio preliminar, ello no afecta de ninguna forma la confiabilidad de los resultados obtenidos. Lo que se ha quedado evidenciado al realizar el análisis de los supuestos estadísticos de normalidad, varianza constante e independencia del error, para cada una de las variables respuestas consideradas en el estudio.

4.7 Elaboración experimental de los productos: jabón base de tocador y jabón líquido natural

4.7.1 Elaboración experimental jabón base de tocador

El diseño experimental permite combinar en un orden ya establecido los niveles de cada uno de los factores, obteniendo el orden aleatorio (StdOrder) para cada una de las corridas experimentales.

Siguiendo el orden aleatorio (StdOrder) del diseño de experimento que se obtuvo utilizando Minitab 16, se procedió a llevar a cabo la elaboración experimental de los jabones base de tocador, siendo un total de 18 experimentos realizados.

El procedimiento empleado en la elaboración de los jabones es el mismo, lo único que varió entre cada tratamiento es el nivel considerado para cada uno de los factores, es decir, que en general son 18 tratamientos diferentes. En el anexo B se puede consultar el procedimiento para la elaboración del jabón base de tocador, así como también, los equipos y materiales empleados.

4.7.2 Elaboración experimental del jabón base líquido natural

Antes de realizar los experimentos se realizaron algunas pruebas preliminares que fueron de mucha importancia en la detección de algunos problemas encontrados en el proceso de elaboración del jabón líquido, en el anexo C, se presentan las observaciones encontradas en las pruebas preliminares.

Con un orden aleatorio para cada una de las corridas experimentales, de acuerdo a la matriz diseñada por Minitab 16, se procedió a llevar a cabo el proceso de elaboración de jabón base líquido, el cual fue el mismo para cada experimento, lo único que varió entre los tratamientos, fue el nivel considerado para cada uno de los factores seleccionados. En el anexo E, se presentan los procedimientos empleados para la elaboración de jabón base líquido natural, así como también los equipos y materiales utilizados.

4.8 Caracterización fisicoquímica de los jabones

4.8.1 Caracterización fisicoquímica realizada a los jabones base de tocador

Los parámetros fisicoquímicos que se determinaron para cada uno de los jabones obtenidos por medio de las corridas experimentales son los siguientes: porcentaje de humedad (%humedad), materia total insoluble en alcohol (MTI) y alcalinidad del jabón. También, se determinó el rendimiento real del jabón y el tiempo de duración del proceso de saponificación.

4.8.1.1 Pesada de las muestras de jabones

La operación de pesada fue necesaria, debido a que se requería una muestra para la determinación de los parámetros de materia insaponificable y alcalinidad del jabón. Para ello, fue necesario hacer uso de la balanza analítica de precisión especial, la cual estaba debidamente verificada por los laboratorios LANAMET (Laboratorios Nacionales de Metrología) En la Figura 12 se puede apreciar la balanza empleada para dicha operación durante la pesada de las muestras.

Figura 12. Operación de corte y pesado de las muestras de jabón base



En la Tabla 20, se muestran los resultados de los pesos obtenidos para cada una de las muestras experimentales de los jabones base.

Tabla 20. Masa en mg de las muestras de jabones base de tocador

Orden Aleatorio	A	B	C	R
1	932.9	5,209.90	933.26	5,209.54
2	924.65	6,458.87	926.09	6,457.43
3	931.8	7,438.64	934.64	7,435.80
4	924.16	6,505.00	926.02	6,503.14
5	927.73	6,421.66	930.75	6,418.64
6	926.82	6,368.95	936.08	6,359.69
7	925.82	7,051.14	928	7,048.96
8	929.12	6,347.34	932.02	6,344.44
9	928.83	6,857.68	931.79	6,854.72
10	929.24	6,687.53	930.91	6,685.86
11	925.43	8,364.65	928.05	8,362.03
12	929.08	7,845.69	939.04	7,835.73
13	931.03	8,492.19	949.22	8,474.00
14	925.34	7,950.25	935.36	7,940.23
15	924.49	7,136.06	935.37	7,125.18
16	922.43	8,214.02	925.27	8,211.18
17	926.91	7,756.30	929.32	7,753.89
18	926.28	6,801.50	928.19	6,799.59

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

A= masa en mg de las capsulas vacías.

B= masa en mg de las muestras de jabón más cápsula.

C= masa en mg de la capsula más residuo de jabón.

R= masa en mg de la muestra de jabón.

4.8.1.2 Determinación del porcentaje de humedad en las muestras de jabones base de tocador

La determinación de la humedad en cada una de las muestras de jabones se realiza tomando en cuenta el procedimiento establecido en la norma nicaragüense para jabones N° 5695-MEIC.

La fórmula para el cálculo del porcentaje de humedad, es la siguiente:

$$\% \text{Humedad} = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} * 100 \quad \text{Ecuación (3)}$$

Dónde:

W_1 = masa de la muestra de jabón antes del secado más capsula.

W_2 = masa de la muestra del jabón después del secado más capsula.

W_0 = masa de la capsula vacía.

Los cálculos del porcentaje de humedad fueron realizados en una hoja de cálculo de Excel y los resultados de dichos cálculos se resumen en la Tabla 21.

Tabla 21. Calculo del % de humedad (muestras secadas a 105°C por 3 horas)

Orden Aleatorio	W_0	W_1	W_2	%Humedad
1	0.9330	6.3868	5.9622	7.7858
9	0.9249	6.4851	5.8836	10.8174
12	0.9317	7.1052	6.5191	9.4939
11	0.9239	8.1617	7.1290	14.2687
10	0.9277	7.2614	6.5078	11.8976
3	0.9274	6.5935	5.7981	14.0381
18	0.9257	7.3476	6.4696	13.6721
17	0.9291	7.9510	7.2615	9.8185
4	0.9289	7.4339	6.4293	15.4432
7	0.9294	6.8988	5.9686	15.5825
2	0.9254	7.7337	6.4104	19.4364
16	0.9288	6.9471	5.7756	19.4665
14	0.9310	6.8309	5.9076	15.6497
5	0.9255	7.1719	6.0034	18.7070
6	0.9245	7.7828	6.5028	18.6635
8	0.9224	7.5352	6.3319	18.1973
15	0.9270	6.3029	5.4190	16.4412
13	0.9263	7.7120	6.4731	18.2586

Fuente: Elaboración propia.

4.8.1.3 Determinación de materia total insoluble en alcohol para muestras de jabón base de tocador

En el caso de la determinación de materia total insoluble en alcohol, el procedimiento empleado fue el establecido por la norma nicaragüense para jabones N° 5695-MEIC.

La fórmula para la determinación de la materia insoluble, es la siguiente:

$$MI = \frac{B - A}{m_j} * 100 \quad \text{Ecuación (4)}$$

Dónde:

MI = materia total insoluble en alcohol.

A = peso inicial de capsula con filtro en mg.

B = peso final de capsula con filtro en mg.

m_j = peso de la muestra de jabón base de tocador en mg.

Los cálculos de materia total insoluble en alcohol fueron realizados en una hoja de cálculo de Excel y los resultados de dichos cálculos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 22. Cálculo de materia total insoluble (muestras secadas a 105°C por 3 horas)

Orden Aleatorio	m_j	A	B	MI
1	5,209.54	3,383.40	3,391.10	0.1478
9	6,457.43	3,367.60	3,384.78	0.2661
12	7,435.80	3,372.50	3,380.32	0.1052
11	6,503.14	3,383.95	3,392.36	0.1293
10	6,418.64	3,374.90	3,392.64	0.2764
3	6,359.69	3,378.87	3,408.96	0.4731
18	7,048.96	3,351.60	3,367.25	0.2220
17	6,344.44	3,366.10	3,380.30	0.2238
4	6,854.72	3,361.54	3,382.90	0.3116
7	6,685.86	3,310.64	3,329.28	0.2788
2	8,362.03	115,696.60	115,714.20	0.2105
16	7,835.73	110,964.10	110,988.50	0.3114
14	8,474.00	3,310.17	3,343.40	0.3921
5	7,940.23	3,359.01	3,373.10	0.1775
6	7,125.18	3,325.35	3,341.15	0.2217
8	8,211.18	3,338.08	3,347.10	0.1099
15	7,753.89	3,308.89	3,319.98	0.1430
13	6,799.59	3,320.71	3,343.43	0.3341

Fuente: Elaboración propia.

4.8.1.4 Determinación de la alcalinidad como porcentaje de ácido oleico para muestras de jabones base de tocador

Para la determinación de la alcalinidad de las muestras de jabones, el procedimiento seguido fue el establecido por la norma nicaragüense para jabones N° 5695-MEIC. La fórmula empleada para el cálculo de la alcalinidad de las muestras de jabón, es la siguiente:

$$\% \text{Ácido Oleico} = \frac{A * f * 28.24}{B} \quad \text{Ecuación (5)}$$

Dónde:

A = volumen en mL de NaOH gastados en la titulación.

B = masa de la muestra de jabón en g.

f = factor de solución y para este caso tiene un valor de 0,1.

C = mL de solución alcohólica al 95% y neutralizada.

D = mL de Fenolftaleína.

E = pH de la solución alcohólica con la muestra de jabón disuelta y fenolftaleína.

Los cálculos de alcalinidad fueron realizados en una hoja de cálculo de Excel y los resultados de dichos cálculos se resumen la Tabla 23.

Tabla 23. Cálculo de alcalinidad de las muestras de jabón como % de ácido oleico

Orden Aleatorio	B	C	D	E	A	%Ácido Oleico
1	5.21	150	0.5	7.80	13.20	7.15549
9	6.46	150	0.5	7.27	34.00	14.86907
12	7.44	150	0.5	8.55	5.80	2.20275
11	6.50	150	0.5	8.03	15.20	6.60063
10	6.42	150	0.5	7.85	14.70	6.46754
3	6.36	150	0.5	7.99	10.60	4.70690
18	7.05	150	0.5	7.76	25.00	10.01566
17	6.34	150	0.5	7.91	17.30	7.70047
4	6.85	150	0.5	8.25	8.20	3.37823
7	6.69	150	0.5	7.94	12.90	5.44875
2	8.36	150	0.5	8.17	10.00	3.37717
16	7.84	150	0.5	8.81	2.50	0.90100
14	8.47	150	0.5	9.36	1.00	0.33325
5	7.94	150	0.5	8.37	6.20	2.20507
6	7.13	150	0.5	8.25	8.40	3.32926
8	8.21	150	0.5	7.90	15.90	5.46835
15	7.75	150	0.5	7.98	12.80	4.66181
13	6.80	150	0.5	8.04	9.80	4.07013

Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación de la alcalinidad en las muestras de jabones base de tocador, esta fue determinada en función del % de acidez libre como ácido oleico, debido a que el pH de la solución alcohólica con la muestra de jabón disuelto y fenolftaleína, presentaba valores de pH, que no hacían virar la solución a la coloración típica rosada de la fenolftaleína.

4.8.1.5 Determinación del rendimiento real de la reacción de saponificación y el tiempo de saponificación de las muestras de jabón base de tocador

El rendimiento real de la reacción de saponificación de cada uno de los experimentos corridos fue determinado a partir de la siguiente formula:

$$R_{Jabón} = \frac{m_{Jabón}}{m_{aceite}} * 100 \quad \text{Ecuación(6)}$$

Dónde:

$R_{Jabón}$ = Rendimiento real del jabón.

m_J = masa de la muestra de jabón en g.

m_{aceite} = masa de la muestra de aceite empleada en el proceso de saponificación en gramos.

En la Figura 13 se presentan todos los resultados experimentales de los jabones base de tocador, el orden en que se muestran representa el orden de corrida, que es muy diferente al orden estadístico aleatorio que es determinado por el programa (StdOrder).

Figura 13. Jabones obtenidos como resultado del proceso de saponificación a escala de laboratorio



El cálculo del rendimiento real de los jabones fue realizado utilizando las hojas de cálculo de Excel. Los resultados del rendimiento real y del tiempo de duración del proceso de saponificación son presentados en la Tabla 24.

Tabla 24. Resultados del rendimiento real del jabón (Rjabon) y del tiempo de duración del proceso de saponificado en minutos

Orden Aleatorio	m _{aceite}	m _J	R _{Jabón}	t[<i>min</i>]
1	102.5290	54.75	53.400	115
9	100.0036	100.4221	100.418	95
12	101.0858	116.0898	114.843	136
11	100.7360	75.2496	74.700	110
10	100.0000	89.998	89.998	76
3	100.0000	98.053	98.053	71
18	101.1800	129.4256	127.916	50
17	100.5900	118.2288	117.535	60
4	100.5000	112.2959	111.737	76
7	101.3000	114.1027	112.638	70
2	100.0000	113.3543	113.354	84
16	100.0000	125.0141	125.014	44
14	100.0000	122.9874	122.987	63
5	100.0000	123.8219	123.822	45
6	100.0000	103.5325	103.533	25
8	100.0000	105.2165	105.217	60
15	100.0000	89.6131	89.613	45
13	100.0000	108.43	108.430	46

Fuente: Elaboración propia.

4.8.2 Caracterización fisicoquímica realizada a los jabones base líquidos naturales

Los parámetros fisicoquímicos (variables de respuestas) que se le determinaron a cada uno de los jabones bases líquidos obtenidos fueron los siguientes: porcentaje de humedad y material volátil, materia total insoluble en alcohol y alcalinidad libre. También se determinó el rendimiento real de los jabones y el tiempo de duración del proceso de elaboración de los jabones base líquidos.

Los métodos analíticos empleados para la determinación de los parámetros anteriormente mencionados son los establecidos en la norma nicaragüense para jabones N° 5695 – MEIC.

4.8.2.1 Determinación de humedad y material volátil

La determinación de la humedad en la muestras de jabón líquido se realizó de acuerdo a lo establecido en la norma nicaragüense para jabones N° 5695 – MEIC. En el anexo F.1, se presentan los procedimientos analíticos para la determinación de la humedad y materia volátil. El porcentaje de humedad se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{w_1 - w_2}{w_1 - w_0} \times 100$$

Ecuación (7)

Dónde:

W_1 = masa de la muestra de jabón antes del secado más capsula.

W_2 = masa de la muestra del jabón después del secado más capsula.

W_0 = masa de la capsula vacía.

Los resultados obtenidos para la determinación de la humedad se detallan en la Tabla 25.

Tabla 25. Determinación del porcentaje de humedad en las muestras de jabón base líquido natural

Experimento	W_0	W_1	W_2	%Humedad
1	111.51	116.51	112.39	82.28
2	115.57	120.76	117.74	58.06
3	113.27	118.29	113.89	87.65
4	2.98	7.98	3.73	84.92
5	117.16	122.16	117.81	86.98
6	28.18	33.23	30.44	55.18
7	60.47	65.51	61.66	76.28
8	108.83	113.91	110.07	75.41
9	36.69	41.78	38.84	57.77
10	2.98	8.01	3.51	89.47
11	2.99	8.17	4.81	74.36
12	2.99	8.18	3.83	83.72
13	2.94	8.10	4.24	74.82
14	2.98	7.98	3.53	88.87
15	2.98	8.13	4.90	62.75
16	113.31	118.31	114.06	84.84
17	115.57	120.59	116.80	75.44
18	110.39	115.42	110.96	86.61
19	108.82	113.89	109.98	77.21
20	117.15	122.26	119.40	56.03
21	113.26	118.34	115.01	65.83
22	28,18	33.22	28.84	86.94
23	60.46	65.47	61.32	82.81
24	115.89	120.91	117.09	76.04

Fuente: Elaboración propia.

4.8.2.2 Determinación de materia total insoluble en alcohol

Para la determinación de la materia total insoluble en alcohol se efectuaron los procedimientos establecidos en la norma nicaragüense para jabones N° 5695 – MEIC. En el anexo F.2 se presentan los procedimientos analíticos para la determinación de la materia total insoluble en alcohol. La fórmula para la determinación de la materia insoluble, es la siguiente:

$$MI = \frac{B - A}{m_j} \times 100 \quad \text{Ecuación (8)}$$

Dónde:

MI = materia total insoluble en alcohol en porcentaje.

Tabla 26. Determinación del porcentaje de la materia total insoluble en alcohol en las muestras de jabón líquido

Experimento	M _j	A	B	MI
1	5.00	3.3131	3.3161	0.059
2	5.27	3.3105	3.3112	0.013
3	5.06	3.3227	3.3227	0
4	5.69	3.3112	3.3118	0.010
5	5.01	3.3219	3.3283	0.127
6	5.23	3.3165	3.3293	0.244
7	5.12	3.3298	3.3324	0.050
8	5.03	3.3107	3.3132	0.049
9	6.72	3.317	3.3189	0.028
10	5.15	3.3298	3.3311	0.025
11	5.01	3.3116	3.3117	0.002
12	5.14	3.3196	3.3196	0
13	5.41	3.3235	3.3245	0.018
14	5.12	3.333	3.333	0
15	5.57	3.3094	3.3094	0
16	5.36	3.3221	3.3223	0.003
17	5.97	3.3009	3.3049	0.066
18	5.01	3.3082	3.3085	0.005
19	5.29	3.3011	3.3019	0.015
20	5.26	3.3037	3.3039	0.003
21	5.03	3.3001	3.3014	0.025
22	5.01	3.3135	3.316	0.049
23	5.00	3.3052	3.311	0.117
24	5.01	3.3201	3.3243	0.083

Fuente: Elaboración propia.

A = peso inicial de capsula con filtro en mg.
B = peso final de capsula con filtro en mg.
mJ = peso de la muestra de jabón en mg.

Los resultados obtenidos para la determinación de la materia total insoluble en alcohol se resumen en la Tabla 26.

4.8.2.3 Determinación de la alcalinidad libre

La determinación de la alcalinidad libre en los jabones base líquidos se realizó siguiendo los procedimientos establecidos en la norma nicaragüense para jabones N° 5695 – MEIC. En el anexo F.3, se presentan los procedimientos para la determinación de la alcalinidad libre.

La fórmula para la determinación de la alcalinidad es la siguiente:

$$\%NaOH = \frac{V \times f \times 4}{P} \quad \text{Ecuación (9)}$$

Dónde:

% NaOH = Alcalinidad libre como hidróxido de sodio, en porcentaje.
V = Volumen de solución consumidos en la valoración, en mililitros (mL).
f = Factor de solución 0.1, en Normalidad.
P = Peso de la muestra inicial, en gramos.

Los resultados obtenidos para la determinación de la alcalinidad libre se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 27. Determinación de la alcalinidad libre en las muestras de jabón líquido

Experimento	P	V	%NaOH
1	5.14	1	0.077
2	5.69	0.5	0.035
3	5.00	0.7	0.055
4	5.03	1.3	0.103
5	5.97	1.1	0.073
6	5.27	1.5	0.113
7	5.15	8.4	0.652
8	6.32	0.9	0.053
9	5.26	1.5	0.113
10	5.23	1.1	0.084
11	5.01	0.2	0.015
12	5.12	0.4	0.031
13	5.36	0.8	0.059
14	5.01	0.3	0.023
15	5.41	1.9	0.140
16	5.03	1.3	0.103
17	5.01	0.2	0.016
18	5.29	22.8	1.723
19	5.12	1.5	0.117
20	5.01	0.4	0.031
21	5.00	0.4	0.032
22	5.57	12.2	0.875
23	5.01	0.5	0.039
24	5.06	0.2	0.015

Fuente: Elaboración propia.

4.8.2.4 Determinación del rendimiento real y el tiempo de duración del proceso completo

El rendimiento real para cada experimento se determinó a partir de la siguiente ecuación:

$$R_{\text{Real}} = \frac{m_{\text{jb}}}{m_{\text{a}}} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Dónde:

R_{R} = Rendimiento real del jabón base, en gramos de jabón / gramos de aceite.

m_{jb} = Masa de jabón base obtenida en cada experimento, en gramos.

m_{a} = Masa de aceite utilizada en cada experimento, en gramos.

T_S = Tiempo que duro el proceso de saponificación, en horas.

T_D = Tiempo de duración del proceso de dilución del jabón base, en horas.

T_T = Tiempo de duración total del proceso completo, en horas.

Los resultados obtenidos del rendimiento real y del tiempo de duración del proceso total de saponificación y dilución del jabón base líquido son presentados en la siguiente tabla (Tabla 28).

Tabla 28. Resultados obtenidos para el rendimiento del jabón base y el tiempo de duración del proceso total

Experimento	M_{jb}	M_a	R_R	T_s	T_D	T_T
1	113	92.2	1.22	3	0.41	3.41
2	143.1	92.2	1.55	2	0.91	2.91
3	127.2	92.2	1.37	3	0.33	3.33
4	146.1	92.2	1.58	2	0.41	2.41
5	133.3	92.2	1.44	3	0.41	3.41
6	127.3	92.2	1.38	2	0.50	2.50
7	150.6	92.2	1.63	3	0.58	3.58
8	145.4	92.2	1.57	1.5	0.50	2.00
9	131.5	92.2	1.42	2.5	0.58	3.08
10	107.57	92.2	1.16	3	0.33	3.33
11	130.52	92.2	1.41	2	0.58	2.58
12	135.72	92.2	1.47	2	0.41	2.41
13	134.14	92.2	1.45	2.5	0.61	3.12
14	154.17	92.2	1.67	2	0.41	2.41
15	117.41	92.2	1.27	3	0.58	3.58
16	148.3	92.2	1.60	1.25	0.41	1.66
17	146.64	92.2	1.59	1.5	0.58	2.08
18	152.19	92.2	1.65	1.5	0.33	1.83
19	102.98	92.2	1.11	3	0.66	3.66
20	248.66	92.2	1.69	3	0.66	3.66
21	151.85	92.2	1.64	1	0.66	1.66
22	130.43	92.2	1.41	1.5	0.33	1.83
23	135.2	92.2	1.46	2	0.33	1.33
24	137.81	92.2	1.42	1.5	0.41	1.91

Fuente: Elaboración propia.

V. ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE LOS FACTORES SELECCIONADOS Y SUS RESPECTIVAS INTERACCIONES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS (JABÓN BASE DE TOCADOR Y JABÓN BASE LÍQUIDO) FINALES

Cuando en los diseños experimentales factoriales el número de corridas experimentales es mayor a 16, se recomienda en primera instancia, correr una sola vez el diseño (es decir una réplica), ya que se considera que con este diseño será más que suficiente para estudiar los efectos de interés.

Esta afirmación también es sustentada por Gutiérrez and De la Vara, (2008), quienes aseguran que un máximo de 16 pruebas son suficientes para la mayoría de los problemas en una primera etapa de experimentación.

En el caso de los diseños con tres o más factores, se pueden obviar las interacciones de tres o más factores y con ello estimar un error que permita construir un ANOVA aproximado, cuya suma de cuadrados del error aproximadamente aleatorio (SC_E) sería la suma de las sumas de cuadrados de los efectos mandados al error, en este caso, los grados de libertad de (SC_E) son tantos como los efectos que se aglomeran para conformar dicho error.

La construcción de la suma de cuadrados del error (SC_E) para el ANOVA del diseño experimental mixto propuesto en el presente trabajo se realiza suponiendo de antemano que las interacciones de tres o más factores no son significativas y por ellas son enviadas directamente al error. En este caso, es recomendable que se analicen las interacciones triples mediante técnicas gráficas, ya que estas permiten el análisis de la significancia de dichas interacciones.

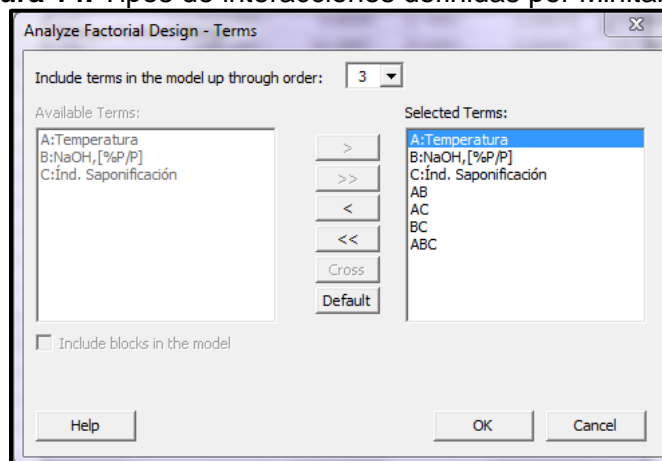
5.1. Análisis de ANOVA para el jabón base de tocador

En el diseño experimental tenemos 6 interacciones, las cuales son definidas por Minitab 16 cuando se selecciona la opción de análisis del diseño factorial. Los tipos de interacciones definidas por el programa se presentan en la siguiente figura.

Claramente se puede observar en la Figura 14 que existen tres interacciones principales (A, B y C), tres interacciones dobles (AB, AC y BC) y una interacción triple (ABC).

Para el cálculo de la ANOVA se supondrá que la interacción triple no es significativa y por lo tanto será enviada directamente al error por el programa. Minitab 16 realiza el cálculo de la ANOVA seleccionando la opción Stat > DOE > Factorial > Analyse Factorial Design.

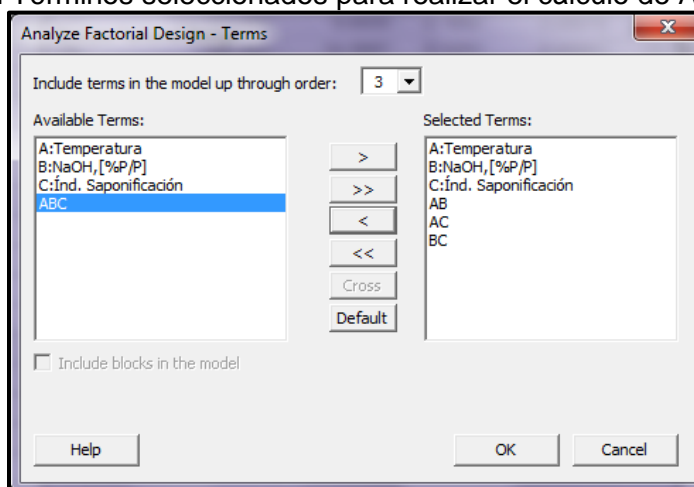
Figura 14. Tipos de interacciones definidas por Minitab 16



5.1.1. Cálculo y análisis de ANOVA para la variable de respuesta porcentaje de humedad

En la ventana derecha de la Figura 15 se puede observar que la interacción triple no aparece dentro de los términos seleccionados, lo que indica que la interacción triple (ABC) va a ser mandada directamente al error por el programa al realizar el cálculo de ANOVA.

Figura 15. Términos seleccionados para realizar el cálculo de ANOVA



En la Tabla 29, se pueden observar los resultados de la ANOVA, para la variable de respuesta porcentaje de humedad.

De acuerdo al análisis de ANOVA que muestra la Tabla 29, se observa que ni las interacciones principales ni las dobles tienen un valor-p < 0,05, lo cual aparentemente sugiere que el efecto de interacción entre los factores es poco significativo al nivel de significancia prefijado.

También se observa que los valores de p más bajos corresponden a las interacciones de Temperatura-%NaOH y a la interacción principal Índice de saponificación.

Tabla 29. Análisis de varianza para % de humedad

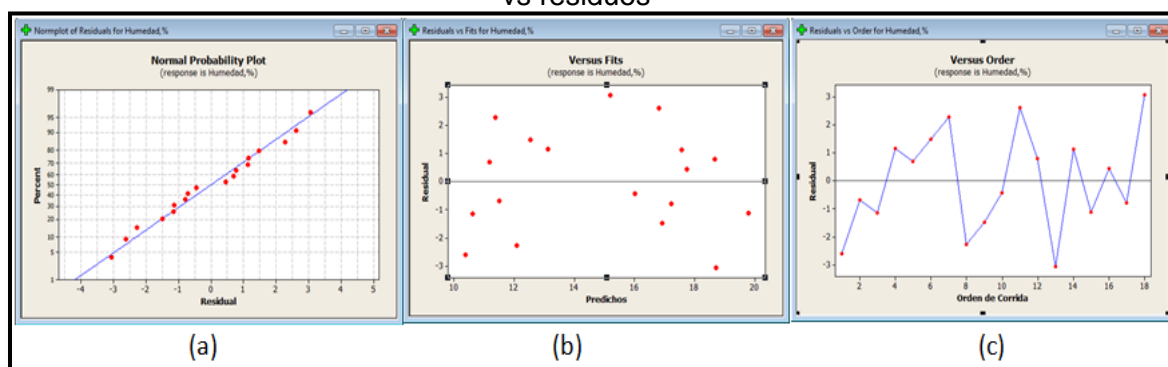
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperatura	2	20.10	20.10	10.05	0.73	0.536
NaOH, [%P/P]	2	9.13	9.13	4.56	0.33	0.735
Ind. Saponificación	1	14.58	14.58	14.58	1.06	0.361
Temperatura* NaOH, [%P/P]	4	101.03	101.03	25.26	1.84	0.285
Temperatura* Ind. Saponificación	2	16.87	16.87	8.43	0.61	0.585
NaOH, [%P/P]* Ind. Saponificación	2	13.28	13.28	6.64	0.48	0.649
Error	4	54.93	54.93	13.73		
Total	17	229.91				

Fuente: Datos obtenidos de Minitab 16.

Por otro lado, la validez de los resultados del análisis de varianza queda supeditado a que los supuestos del modelo se cumplan. Estos supuestos son: normalidad, varianza constante (igual varianza de los tratamientos) e independencia del error.

Todos estos supuestos son analizados en la Gráfica 1.

Gráfica 1. Graficas de supuestos para el porcentaje de humedad: a) gráfica de residuos en papel normal, b) gráficos de predichos vs residuos, c) gráficos de Orden de Corrida vs residuos

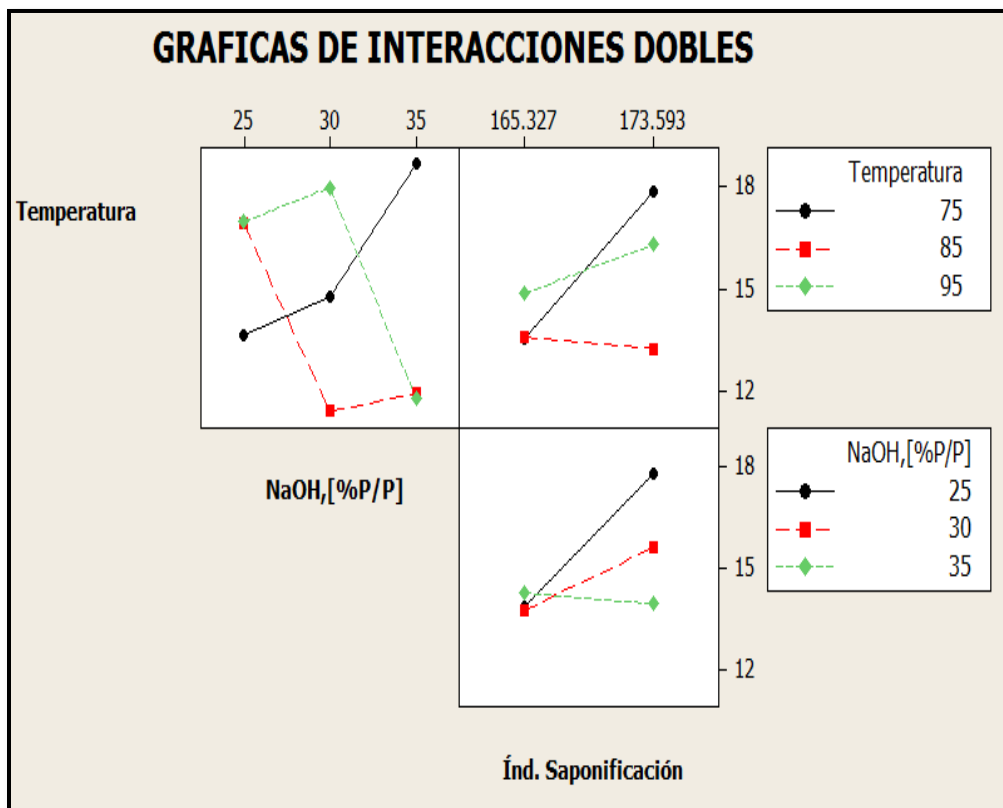


En la Gráfica 1.a, se obtuvo una gráfica de distribución normal, en la cual se observa que los residuos (graficados en el eje horizontal) siguen una distribución normal, ya que al graficarlos tienden a quedar alineados a la línea recta. Además, no se observa ningún punto aberrante en los resultados obtenidos, lo cual es muestra de que no existe ninguna anomalía en los resultados.

De la gráfica que presenta la Gráfica 1.b, se puede observar que los puntos en la gráfica se distribuyen de manera aleatoria con respecto a la banda horizontal y sin ningún patrón claro y contundente, por lo tanto, ello es evidencia suficiente de que se cumple el supuesto de que los tratamientos tienen igual varianza.

De la Gráfica 1.c, se observa que el comportamiento de los puntos es aleatorio dentro de la banda horizontal, lo cual es evidencia suficiente de que *el supuesto de independencia del error* se cumple.

Gráfica 2. Gráficas de interacciones dobles



En la gráfica anterior se pueden observar los tres efectos dobles de interacción (Temperatura-%NaOH, Temperatura-Índice de Saponificación y %NaOH- Índice de Saponificación), observándose que existe un fuerte nivel de interacción entre cada uno de los factores, siendo el efecto de interacción doble Temperatura-%NaOH el que ofrece la mejor respuesta, ya que a 85°C y a una concentración del 30% de NaOH, el porcentaje de humedad es inferior al 12%.

5.1.2. Cálculo y análisis de ANOVA para la variable de respuesta materia total insoluble en alcohol

El análisis de ANOVA para la variable respuesta materia total insoluble en alcohol fue igual al análisis realizado para el porcentaje de humedad, es decir, no se consideró el tipo de interacción triple.

En la siguiente tabla se pueden observar los resultados de la ANOVA para la variable de respuesta materia total insoluble en alcohol.

Tabla 30. Análisis de varianza para materia total insoluble en alcohol

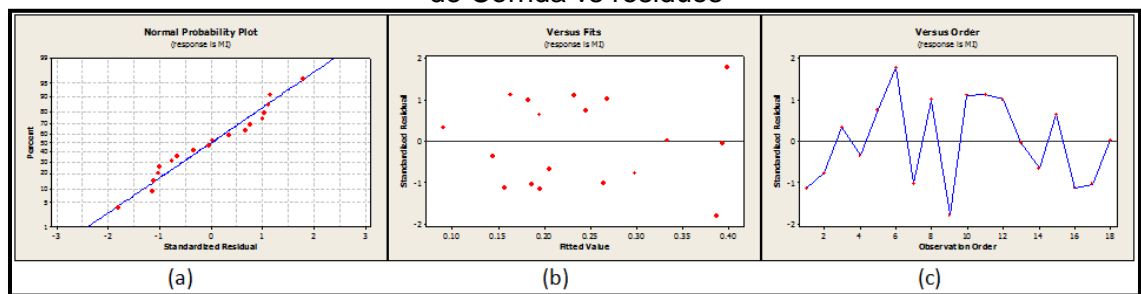
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperatura	2	0.020082	0.020082	0.010041	1.27	0.373
NaOH, [%P/P]	2	0.041278	0.041278	0.020639	2.62	0.187
Ind. Saponificación	1	0.000009	0.000009	0.000009	0.00	0.975
Temperatura* NaOH, [%P/P]	4	0.063233	0.063233	0.015808	2.01	0.258
Temperatura* Ind. Saponificación	2	0.014460	0.014460	0.007230	0.92	0.470
NaOH, [%P/P]* Ind. Saponificación	2	0.000485	0.000485	0.000242	0.03	0.970
Error	4	0.031511	0.031511	0.007878		
Total	17	0.171057	0.171057			

De acuerdo al análisis de ANOVA que muestra la Tabla 30, se observa que ni las interacciones principales ni las dobles tienen un valor- $p < 0,05$, lo cual aparentemente sugiere que el efecto de interacción entre los factores es poco significativo al nivel de significancia prefijado.

También se observa que los valores de p más bajos corresponden a la interacción doble Temperatura-%NaOH y a la interacción principal %NaOH. Al igual que para la variable respuesta % de humedad, en este caso también la validez de los resultados para el análisis de varianza queda supeditado a que los supuestos del modelo se cumplan. Estos supuestos son: normalidad, varianza constante (igual varianza de los tratamientos) e independencia.

La normalidad de los resultados para la Materia Total Insoluble en Alcohol (MI) es analizada por medio del siguiente gráfico obtenido como parte de los resultados facilitados por Minitab 16.

Gráfica 3. Gráfica de supuestos para la materia total insoluble en alcohol (MI): a) gráfica de residuos en papel normal, b) gráficos de predichos vs residuos, c) gráficos de Orden de Corrida vs residuos



En la Gráfica 3.a, se obtuvo una gráfica de distribución normal para MI, en la cual se observa que los residuos (graficados en el eje horizontal) siguen una distribución normal, ya que al graficarlos tienden a quedar alineados a la línea recta. Además, no se observa ningún punto aberrante en los resultados obtenidos, lo cual es muestra de que no existe ninguna anomalía en los resultados.

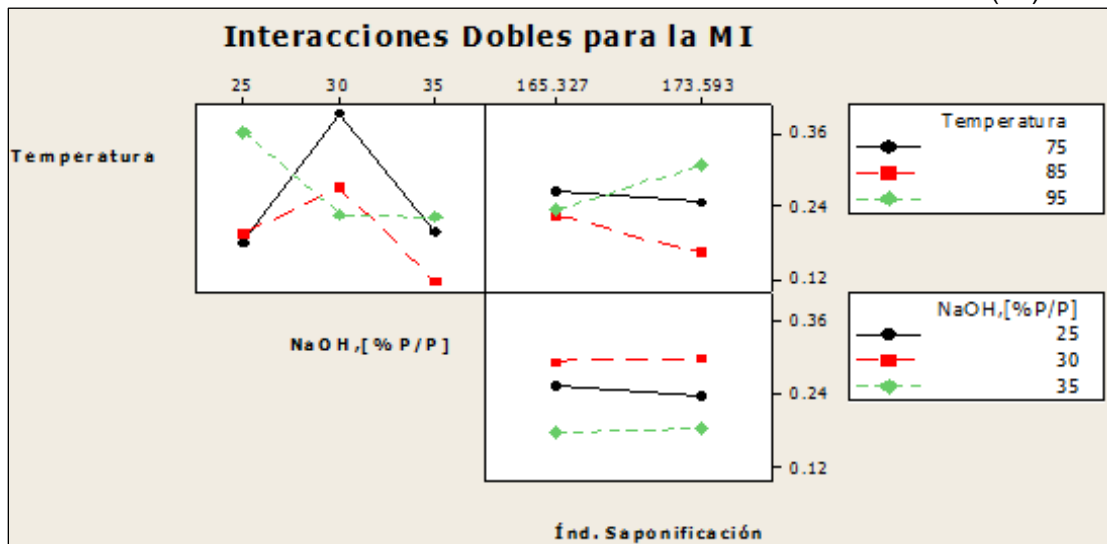
De la Gráfica 3.b, se puede observar que los puntos en la gráfica se distribuyen de manera aleatoria con respecto a la banda horizontal y sin ningún patrón claro

y contundente, por lo tanto, ello es evidencia suficiente de que se cumple el supuesto de que los tratamientos tienen igual varianza.

De la Gráfica 3.c, se observa que el comportamiento de los puntos es aleatorio dentro de la banda horizontal, lo cual es evidencia suficiente de que *el supuesto de independencia del error* se cumple.

En la Gráfica 4 se pueden observar los tres efectos dobles de interacción (Temperatura-%NaOH, Temperatura-Índice de Saponificación y %NaOH- Índice de Saponificación), observándose que existe un bajo nivel de interacción en la interacción doble %NaOH-Índice de saponificación, ya que las tres graficas que representan a los niveles 25, 30 y 35% respectivamente, son prácticamente paralelas entre ellas mismas. En la interacción doble Temperatura-Índice de saponificación, se observa una particularidad, por un lado se aprecia que las gráficas que definen a los niveles 75 y 95 interactúan con cierta fortaleza, pero en el caso del nivel 85, este no interactúa con los otros niveles, por lo que se puede decir, que la fortaleza del nivel de interacción no es completo, entre los factores considerados.

Gráfica 4. Gráfica de interacciones dobles materia total insoluble en alcohol (MI)



En la interacción doble que existe entre los factores Temperatura-%NaOH, se observa que existe una fuerte interacción entre los factores, ello se evidencia al haber cruces entre los niveles y por el efecto de curvatura misma de las gráficas.

Por otro lado, también resulta lógico que el efecto de interacción de estos factores sobre la variable respuesta presente el mejor resultado, ya que a la temperatura de 85 °C y un 35% de NaOH, la Materia Total Insoluble en Alcohol desciende por debajo de 0.12.

5.1.3. Cálculo y análisis de ANOVA para la variable de respuesta porcentaje de acidez libre como ácido oleico

En el análisis de ANOVA para la variable respuesta porcentaje de acidez libre como ácido oleico, se empleó el mismo procedimiento utilizado que para el análisis de la materia total insoluble en alcohol, es decir, no considerando el tipo de interacción triple.

En la Tabla 31 se presentan los resultados de la ANOVA, para la variable de respuesta porcentaje de acidez libre como ácido oleico.

Tabla 31. Análisis de Varianza para % Ácido Oleico

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperatura	2	26.507	26.507	13.253	2.31	0.215
NaOH, [%P/P]	2	7.246	7.246	3.623	0.63	0.577
Ind. Saponificación	1	26.755	26.755	26.755	4.67	0.097
Temperatura* NaOH, [%P/P]	4	98.400	98.400	24.600	4.29	0.094
Temperatura* Ind. Saponificación	2	7.586	7.586	3.793	0.66	0.564
NaOH, [%P/P]* Ind. Saponificación	2	13.097	13.097	6.548	1.14	0.405
Error	4	22.913	22.913	5.728		
Total	17	202.503	202.503			

De acuerdo al análisis de ANOVA que muestra la Tabla 31, se observa que ni las interacciones principales ni las dobles analizadas, tienen un valor- $p < 0,05$, lo cual aparentemente sugiere que el efecto de interacción entre los factores es poco significativo al nivel de significancia prefijado.

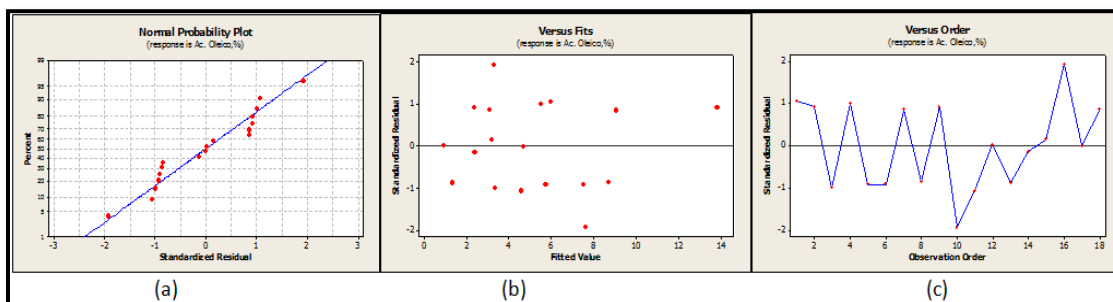
También se observa que los valores de p más bajos corresponden a la interacción doble Temperatura-%NaOH y a la interacción principal Índice de saponificación.

Al igual que para la variable respuesta porcentaje de humedad, en este caso, también la validez de los resultados para el análisis de varianza queda supeditado a que los supuestos del modelo se cumplan. Estos supuestos son: normalidad, varianza constante (igual varianza de los tratamientos) e independencia.

La normalidad de los resultados para el *porcentaje de acidez libre como ácido oleico* es analizado por medio de la Gráfica 5, obtenida como parte de los resultados facilitados por Minitab 16.

La Gráfica 5.a presenta una distribución normal para el porcentaje de acidez libre como ácido oleico, en la cual se observa que los residuos (graficados en el eje horizontal) siguen una distribución bastante normal, ya que al graficarlos tienden a quedar alineados a la línea recta. Además no se observa ningún punto aberrante en los resultados obtenidos, lo cual es muestra de que no existe ninguna anomalía en los resultados.

Gráfica 5. Gráfica de supuestos para el porcentaje de acidez libre como ácido oleico: a) gráfica de residuos en papel normal, b) gráficos de predichos vs residuos, c) gráficos de Orden de Corrida vs residuos

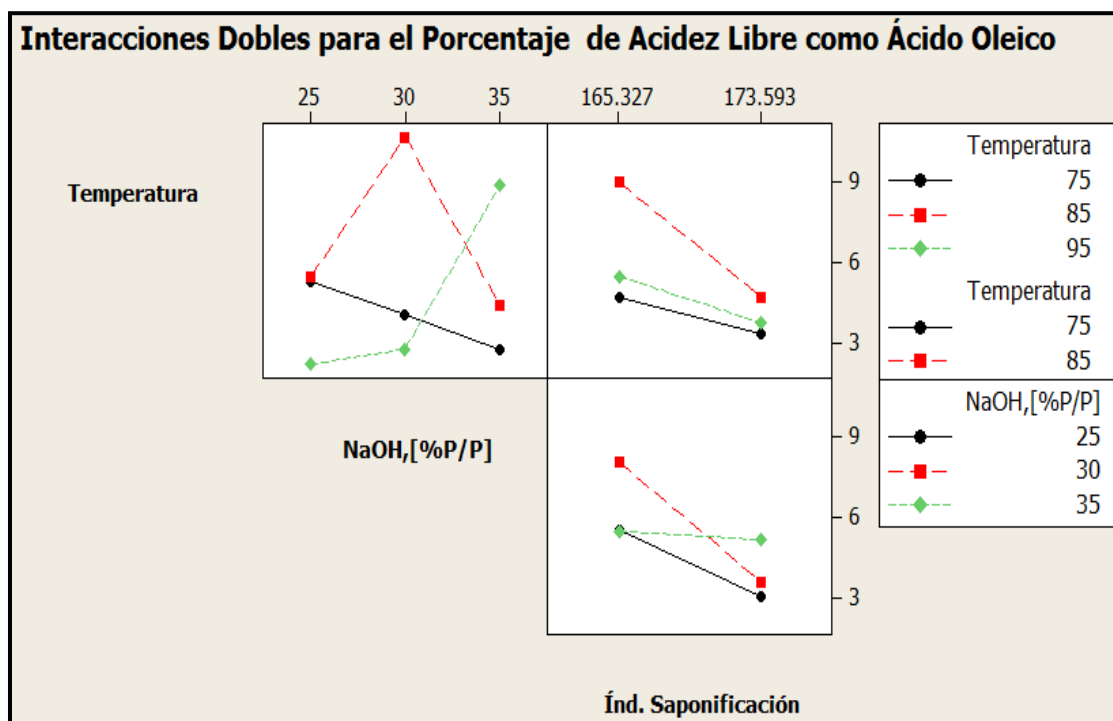


En la Gráfica 5.b, se puede observar que los puntos en la gráfica se distribuyen de manera aleatoria con respecto a la banda horizontal y sin ningún patrón claro y contundente, por lo tanto, ello es evidencia suficiente de que se cumple el supuesto de que los tratamientos tienen igual varianza.

En la Gráfica 5.c, se observa que el comportamiento de los puntos es aleatorio dentro de la banda horizontal, lo cual es evidencia suficiente de que *el supuesto de independencia del error* se cumple.

En la Gráfica 6 se analiza la fortaleza que existe entre las interacciones dobles.

Gráfica 6. Gráfica de interacciones dobles para el porcentaje de acidez libre como ácido oleico



En la Gráfica 6, se pueden observar los tres efectos dobles de interacción (Temperatura-%NaOH, Temperatura-Índice de Saponificación y %NaOH- Índice de Saponificación), observándose que existe un bajo nivel de interacción en la interacción doble Índice de saponificación-Temperatura, ya que las tres graficas que representan a los niveles 75, 85 y 95°C respectivamente, son prácticamente paralelas entre ellas mismas. En la interacción doble Índice de saponificación-%NaOH, se aprecia que existe un bajo nivel de interacción debido a que solo los niveles 30 y 35 se cruzan, en cambio las pendientes de los niveles 30 y 35 son bastantes parecidas, lo cual evidencia la poca interacción entre estos niveles.

En el caso de la interacción de los factores Temperatura-%NaOH, se puede apreciar que en este caso existe un fuerte nivel de interacción dado que las curvas o presentan curvaturas o se entrecortan. Aquí en este caso, también se observa que el efecto de interacción de estos factores sobre la variable respuesta presente el mejor resultado, ya que a la temperatura de 95 °C y un 25% de NaOH, el porcentaje de acidez libre como ácido oleico, está muy debajo del 3%.

5.1.4. Cálculo y análisis de ANOVA para la variable de respuesta rendimiento real del jabón

Para el análisis de ANOVA para la variable respuesta *rendimiento real del jabón*, se empleó el mismo procedimiento utilizado para el análisis de la materia total insoluble en alcohol, es decir, no se consideró el tipo de interacción triple.

En la Tabla 32 se presenta un resumen de los resultados de la ANOVA para la variable de respuesta rendimiento real del jabón.

Tabla 32. Análisis de varianza para el rendimiento real

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperatura	2	915.9	915.9	458.0	0.74	0.534
NaOH, [%P/P]	2	244.7	244.7	122.4	0.20	0.829
Ind. Saponificación	1	1027.4	1027.4	1027.4	1.66	0.268
Temperatura* NaOH, [%P/P]	4	1224.8	1224.8	306.2	0.49	0.745
Temperatura* Índice Saponificación	2	136.6	136.6	68.3	0.11	0.898
NaOH, [%P/P]* Índice Saponificación	2	124.3	124.3	62.1	0.10	0.907
Error	4	2482.3	2482.3	620.6		
Total	17	6156.1				

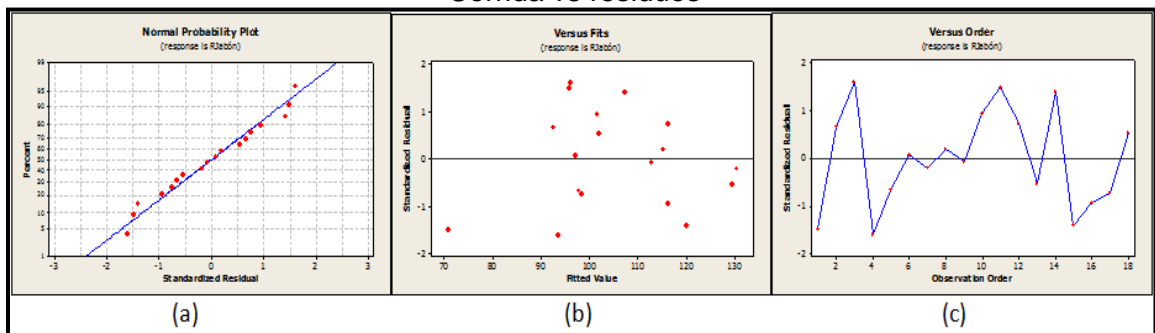
De acuerdo al análisis de ANOVA que muestra la Tabla 32, se observa que ni las interacciones principales ni las dobles analizadas, tienen un valor-p < 0,05, lo cual aparentemente sugiere que el efecto de interacción entre los factores es poco significativo al nivel de significancia prefijado.

Sobre la base de los resultados obtenidos del ANOVA, se observa que el valor de p más bajo corresponde a la interacción *principal Índice de Saponificación*.

Al igual que para las otras variables previamente analizadas, en este caso, también la validez de los resultados para el análisis de varianza queda supeditado a que los supuestos del modelo se cumplan. Estos supuestos son: normalidad, varianza constante (igual varianza de los tratamientos) e independencia.

Todos estos supuestos son analizados en la siguiente gráfica.

Gráfica 7. Gráfica de supuestos para el rendimiento real del jabón: a) gráfica de residuos en papel normal, b) gráficos de predichos vs residuos, c) gráficos de Orden de Corrida vs residuos



En la Gráfica 7.a se observa una distribución normal para el *rendimiento real del jabón*, en la cual se observa que los residuos (graficados en el eje horizontal) siguen una distribución bastante normal, ya que al graficarlos tienden a quedar alineados a línea recta. Además no se observa ningún punto aberrante en los resultados obtenidos, lo cual es muestra de que no existe ninguna anomalía en los resultados.

En la Gráfica 7.b se observa que los puntos se distribuyen de manera aleatoria con respecto a la banda horizontal y sin ningún patrón claro y contundente, por lo tanto, ello es evidencia suficiente de que se cumple el supuesto de que los tratamientos tienen igual varianza.

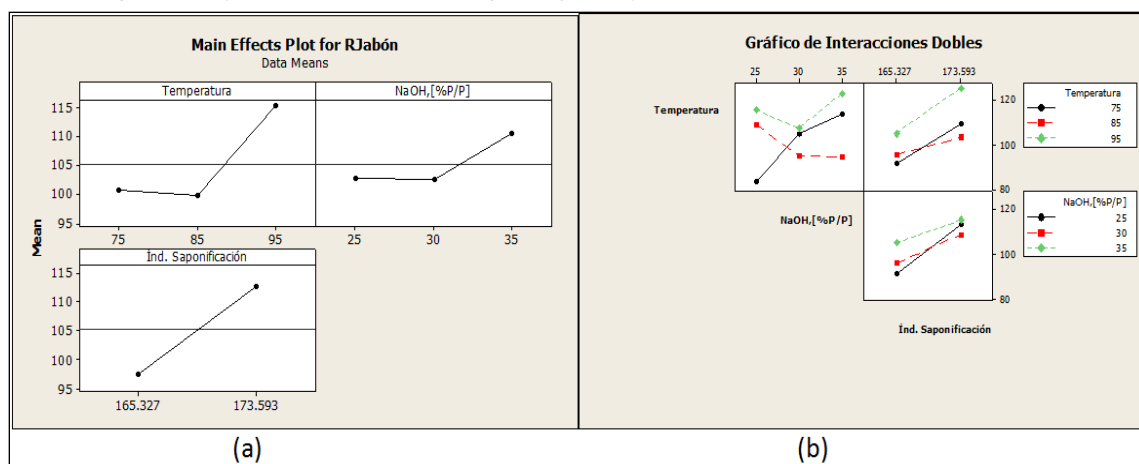
En la Gráfica 7.c, se observa que el comportamiento de los puntos es aleatorio dentro de la banda horizontal, lo cual es evidencia suficiente de que *el supuesto de independencia del error* se cumple.

En la Gráfica 8 se analiza la fortaleza que existe entre las interacciones dobles y de efectos principales.

En la Gráfica 8.a se pueden apreciar claramente los tres efectos principales, en los cuales se observan los efectos que cada interacción tiene sobre la variable respuesta *rendimiento real del jabón*, siendo el factor temperatura en su nivel superior (95°C), el que da un mejor resultado sobre la variable respuesta, al ser el rendimiento real del jabón superior a 115.

En cuanto a los tipos de interacciones dobles que se muestran en la Gráfica 8.b (Temperatura-%NaOH, Temperatura-Índice de Saponificación y %NaOH- Índice de Saponificación), se observa que estas presentan un cierto nivel de interacción, pero no tan fuerte como sí lo presenta la interacción doble Temperatura-%NaOH, en donde se observa que los factores al cambiar de nivel, tienen efectos muy diferentes sobre la variable respuesta.

Gráfica 8 Gráfica de interacciones dobles y de efecto principal para el rendimiento real del jabón, a) Gráficas de efecto principal, b) Gráficas de interacciones dobles



5.1.5. Cálculo y análisis de ANOVA para la variable de respuesta tiempo de saponificado

En cuanto al análisis de ANOVA para la variable respuesta *tiempo de saponificado*, se empleó un procedimiento igual al de las variables analizadas anteriormente, es decir, no considerando el tipo de interacción triple.

En la Tabla 33 se presenta un resumen de los resultados de la ANOVA para la variable de respuesta *tiempo de saponificado*.

Tabla 33. Análisis de varianza para el tiempo de saponificado

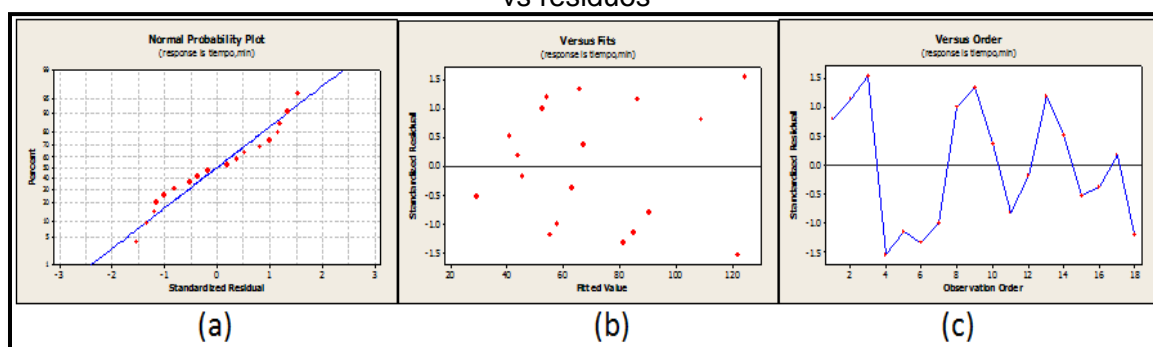
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperatura	2	4774.8	4774.8	2387.4	8.98	0.033
NaOH, [%P/P]	2	81.4	81.4	40.7	0.15	0.863
Índ. Saponificación	1	102.7	102.7	102.7	0.39	0.568
Temperatura* NaOH, [%P/P]	4	7731.6	7731.6	1932.9	7.27	0.040
Temperatura* Índ. Saponificación	2	257.4	257.4	128.7	0.48	0.648
NaOH, [%P/P]* Índ. Saponificación	2	33.4	33.4	16.7	0.06	0.940
Error	4	1062.9	1062.9	265.7		
Total	17	14044.3				

De acuerdo al análisis de ANOVA que muestra la Tabla 33, se observa que se encuentran activos los efectos principal Temperatura y de interacción doble Temperatura-%NaOH dado que sus valores de p son menores a 0.05 (valor-p < 0,05) lo cual es suficiente evidencia para afirmar que a este nivel de significancia estas interacciones son estadísticamente significativas, es decir, son las que más influyen en la variable de respuesta.

Al igual que para las otras variables previamente analizadas, en este caso, también la validez de los resultados para el análisis de varianza queda supeditado a que los supuestos del modelo se cumplan. Estos supuestos son: normalidad, varianza constante (igual varianza de los tratamientos) e independencia del error.

Todos estos supuestos son analizados en la siguiente Gráfica.

Gráfica 9. Gráfica de supuestos para el tiempo de saponificado: a) gráfica de residuos en papel normal, b) gráficos de predichos vs residuos, c) gráficos de Orden de Corrida vs residuos



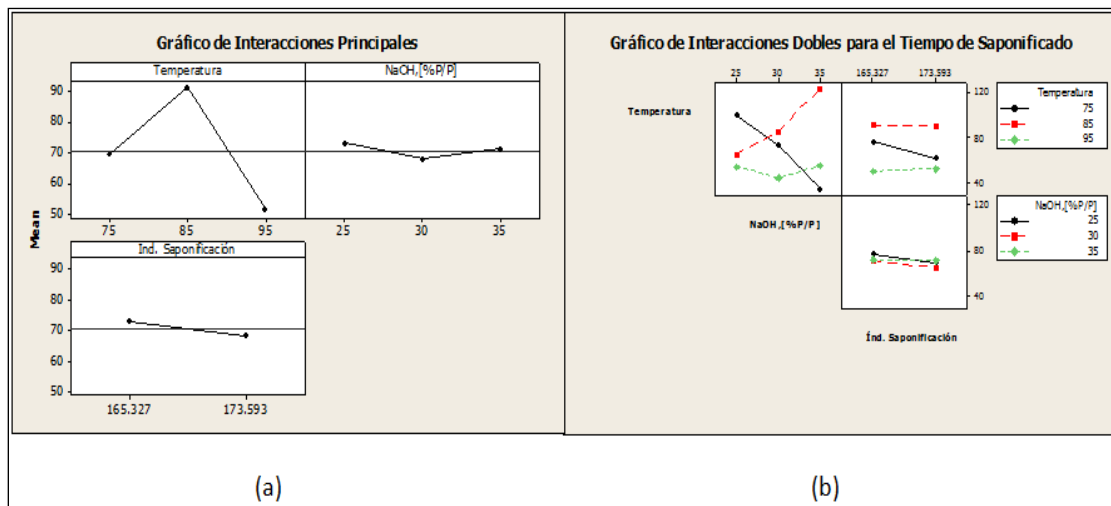
En la Gráfica 9.a, se obtuvo una gráfica de distribución normal para el *tiempo de saponificado*, en la cual se observa que los residuos (graficados en el eje horizontal) siguen una distribución bastante normal, ya que al graficarlos tienden a quedar alineados a línea recta. Además no se observa ningún punto aberrante en los resultados obtenidos, lo cual es muestra de que no existe ninguna anomalía en los resultados.

El *supuesto de varianza constante para el tiempo de saponificado* se analiza por medio de la Gráfica 9.b, en la cual están graficados los predichos vs los residuos, en la misma se observa que los puntos en la gráfica se distribuyen de manera aleatoria con respecto a la banda horizontal y sin ningún patrón claro y contundente, por lo tanto, ello es evidencia suficiente de que se cumple el supuesto de que los tratamientos tienen igual varianza.

La *suposición de independencia* en los residuos se puede verificar al analizar la Gráfica 9.c, en la cual se observa que el comportamiento de los puntos es aleatorio dentro de la banda horizontal, lo cual es evidencia suficiente de que el *supuesto de independencia del error* se cumple.

En la siguiente figura se analiza la fortaleza que existe entre los efectos principales y las interacciones dobles.

Gráfica 10. Gráfica de interacciones dobles para el tiempo de saponificado



En la Gráfica 10.a se pueden apreciar claramente los tres efectos principales, en los cuales se observan los efectos que cada interacción tiene sobre la variable respuesta *tiempo de saponificado*, siendo el factor temperatura en su nivel superior (95°C), el que provoca un mejor efecto sobre la variable respuesta, al tener un tiempo de saponificado a esta temperatura de aproximadamente 50 minutos.

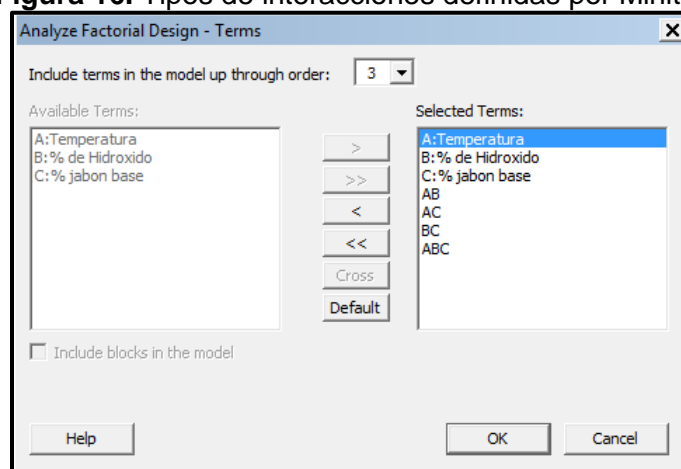
En cuanto a los tipos de interacciones dobles que se muestran en la Gráfica 10.b (Temperatura-%NaOH, Temperatura-Índice de Saponificación y %NaOH- Índice de Saponificación), se observa que estas presentan un bajo nivel de interacción, pero no tan fuerte como sí lo presenta la interacción doble Temperatura-%NaOH, en donde se observa que los factores al cambiar de nivel, tienen efectos muy diferentes sobre la variable respuesta.

5.2 Análisis de ANOVA para el jabón base líquido natural

El diseño de la matriz de experimento nos proporciona 7 interacciones, las cuales son definidas por el programa Minitab al analizar el diseño factorial.

La Figura 16, nos presentan las interacciones definidas por Minitab.

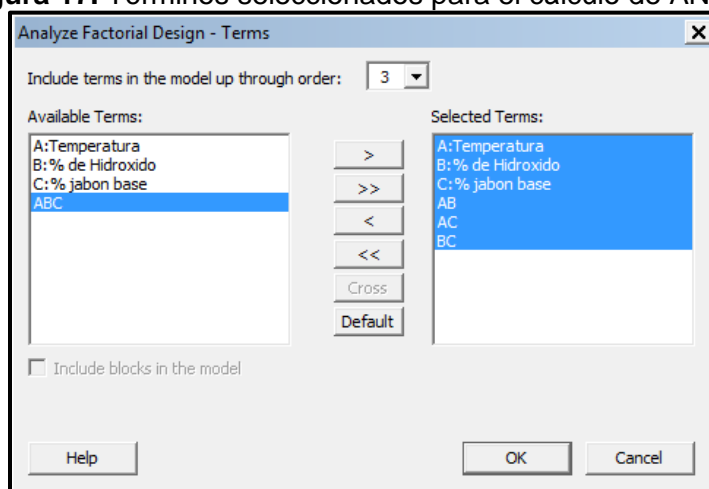
Figura 16. Tipos de interacciones definidas por Minitab



En la figura anterior, se pueden apreciar tres interacciones principales (A, B, C), tres interacciones dobles (AB, AC, BC) y una interacción triple (ABC).

En el cálculo de ANOVA para todas las variables de respuestas no se tomará en cuenta la interacción triple (ABC). En la siguiente figura, se muestran las interacciones seleccionadas, en donde se puede apreciar en la ventana derecha de la figura que la interacción (ABC), no está seleccionada.

Figura 17. Términos seleccionados para el cálculo de ANOVA



Una vez que se han seleccionado los términos de las interacciones el programa queda listo para realizar el cálculo de ANOVA para cada una de las variables respuestas.

5.2.1. Análisis ANOVA para el tiempo de duración del proceso de elaboración de jabón base líquido natural

En la siguiente Tabla se muestra el ANOVA calculado por Minitab para el tiempo de duración del proceso de elaboración de jabón líquido.

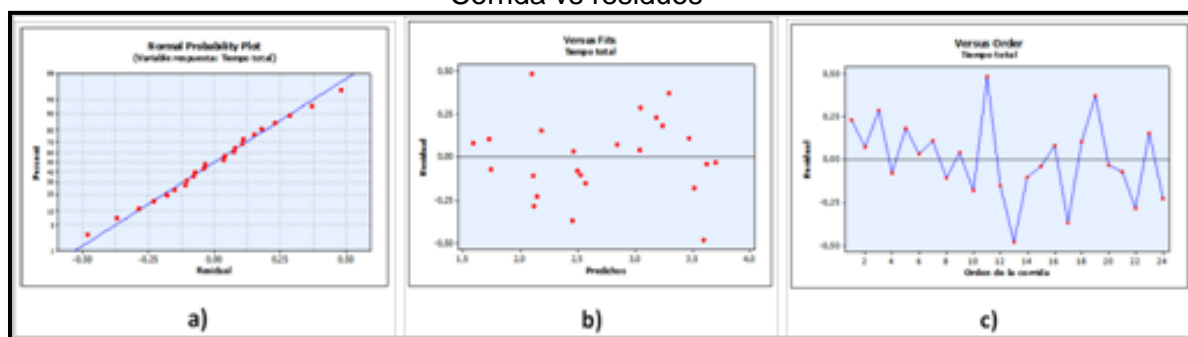
Tabla 34. Análisis de Varianza para el Tiempo total

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperatura	1	4.9959	4.9959	4.9959	25.13	0.002
KOH, [%P/P]	2	1.9456	1.9456	0.9728	4.89	0.055
[%P/P], Jabón base	3	1.0517	1.0517	0.3506	1.76	0.254
Temperatura* KOH, [%P/P]	2	0.4780	0.4780	0.2390	1.20	0.364
Temperatura* [%P/P], Jabón base	3	0.2776	0.2776	0.0925	0.47	0.717
NaOH, [%P/P]* [%P/P], Jabón base	6	1.2353	1.2353	0.2059	1.04	0.484
Error	6	1.1928	1.1928	0.1988		
Total	23	111769				

En la Tabla anterior se puede apreciar que solamente la temperatura (interacción principal) tiene efecto significativo sobre el tiempo de duración del proceso, ya que cumple con el criterio establecido ($P < 0.05$). Esto se debe a que la reacción de saponificación aumenta su velocidad cuando aumenta la temperatura de reacción. Se puede apreciar también que el porcentaje de hidróxido está levemente encima del criterio, es importante mencionar que todos los demás factores e interacciones a parte de la temperatura no influyen significativamente sobre la variable respuesta tiempo.

La validez de los resultados del análisis de varianza queda supeditado a que los supuestos del modelo se cumplan. Los cuales son: normalidad, varianza constante e independencia. En la Gráfica 11 se muestran todos estos supuestos.

Gráfica 11. Gráfica de supuestos para el tiempo de duración del proceso: a) gráfica de residuos en papel normal, b) gráficos de predichos vs residuos, c) gráficos de Orden de Corrida vs residuos



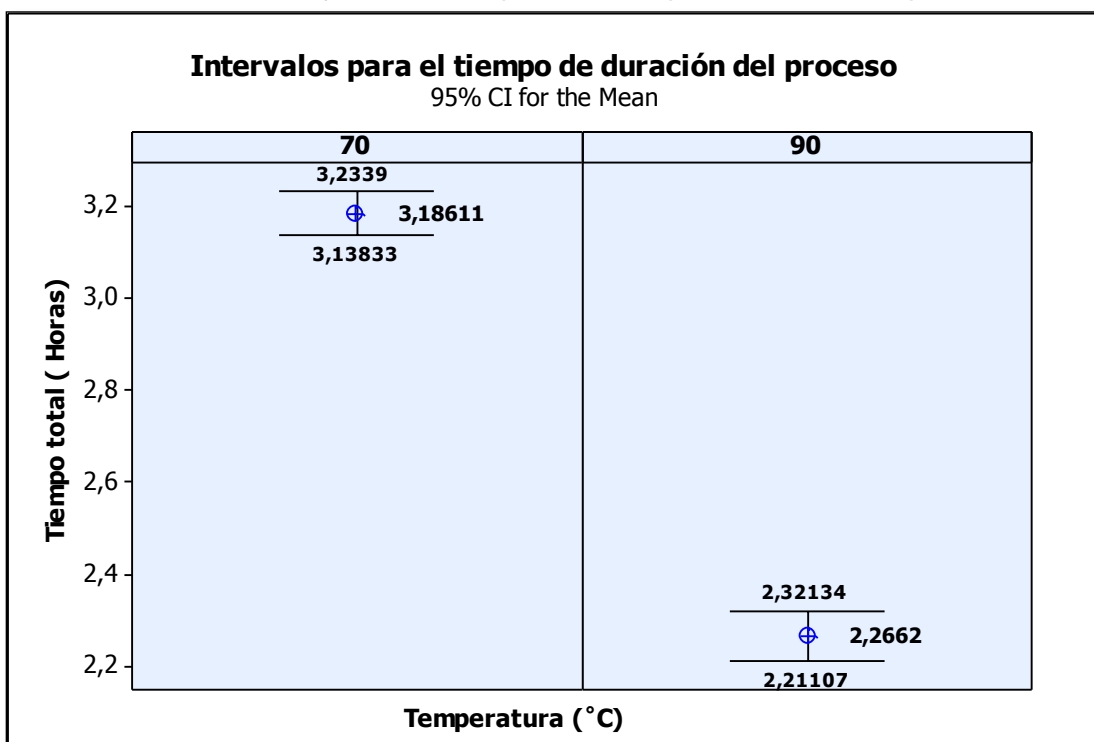
En la Gráfica 11.a, se muestra una gráfica de distribución normal, en la que se puede observar que los residuos (eje horizontal) se distribuyen de manera lineal, lo cual muestra que no existe anormalidad en los datos.

En la Gráfica 11.b, muestra una gráfica en la que se observa que los puntos se distribuyen de forma aleatoria con respecto a la línea horizontal, lo que demuestra que los tratamientos tienen varianza constante.

En la Gráfica 11.c, se puede observar que los puntos (residuos) se distribuyen de forma aleatoria con respecto al orden de las corridas, lo cual evidencia el cumplimiento del supuesto de independencia del error.

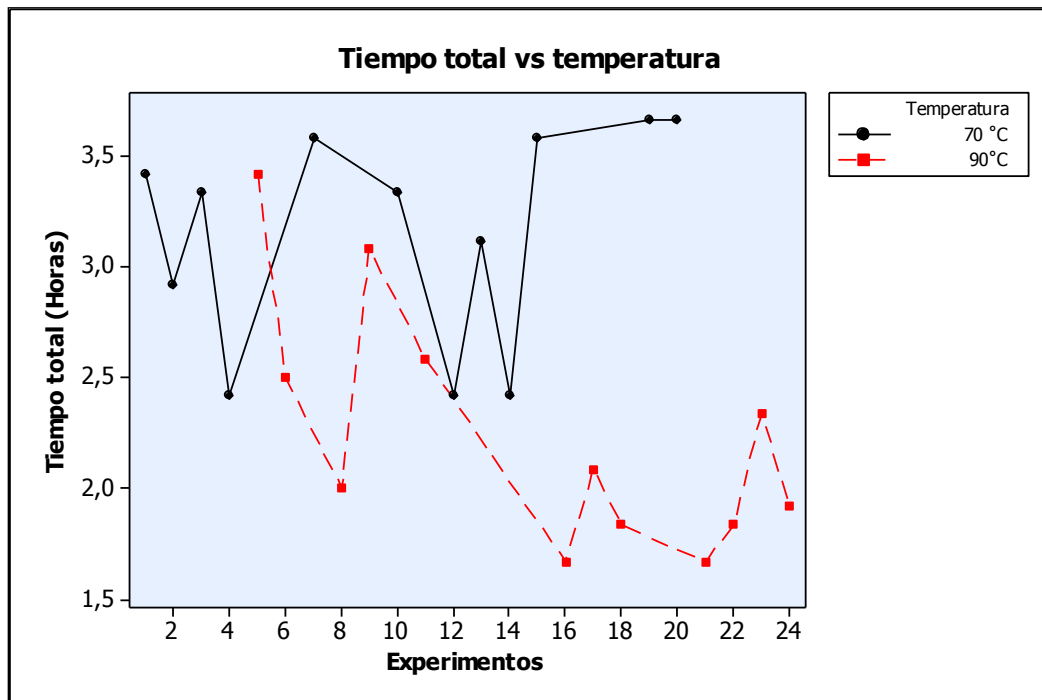
En la Gráfica 12 se muestran los rangos y valores promedios para la variable respuesta: tiempo de duración del proceso obtenidos con respecto a la variación de los niveles del factor temperatura, en el cual, se logra observar que el tiempo oscila en un intervalo de 3.13 a 3.23 horas con un promedio de 3.1861 para el nivel 1 (70 °C), para el caso del nivel 2 (90 °C), se encuentra entre 2.21 a 2.32 horas con un promedio de 2.2662. La diferencia entre los promedios de los dos niveles da aproximadamente 0.92 horas, esto demuestra, que a mayor temperatura, menor es el tiempo de duración del proceso, presentando así una incidencia positiva en el proceso de elaboración de jabón base líquido.

Gráfica 12. Intervalos y promedios del tiempo total de duración del proceso de elaboración de jabón base líquido con respecto al factor temperatura



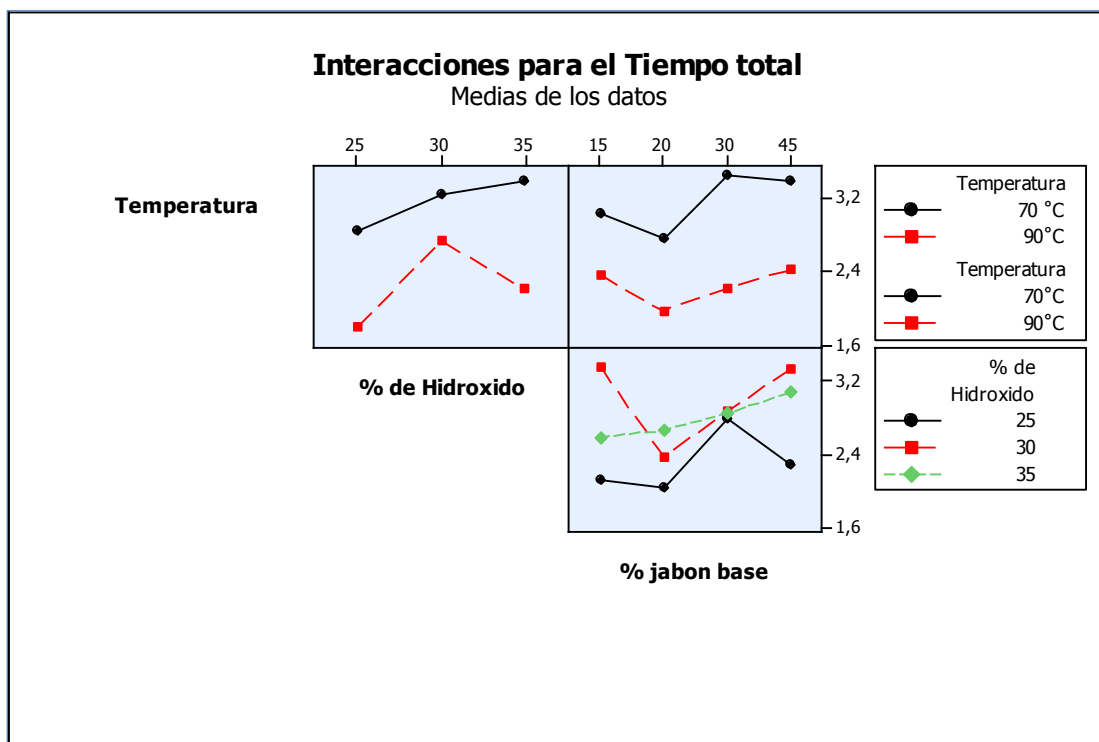
En la Gráfica 13 se presenta el gráfico de tiempo total obtenido en cada experimento vs el factor temperatura, como se puede observar claramente en la gráfica, la incidencia de la temperatura sobre los resultados del tiempo total. En ella, se puede apreciar claramente, que cuando la temperatura aumenta el tiempo disminuye y viceversa.

Gráfica 13. Tiempo total de duración del proceso para cada experimento vs factor temperatura



En la Gráfica 14 se muestran las gráficas de efectos dobles para el tiempo total.

Gráfica 14. Interacciones doble para el tiempo total



Según la Gráfica 14, se tienen que los efectos temperatura e hidróxidos (AB), tienden a ser paralelas e interactúan únicamente en el rango comprendido entre el nivel 2 (30%) y 3 (35%) del porcentaje del hidróxido, por lo tanto presentan una interacción poco significativa confirmando lo obtenido en el ANOVA ($0.364 > 0.05$).

Para los efectos porcentaje de jabón base con porcentaje de hidróxido (BC) se observa que los gráficos obtenidos para los niveles 1 (25%) y 2 (30%) de los porcentajes de hidróxidos, que estos interactúan únicamente en el rango comprendido entre el nivel 3 (30%) y 4 (45%) del porcentaje de jabón base, para el tercer nivel (35%) del porcentaje de hidróxido se observa que hay interacción únicamente con el primer nivel (25%) del porcentaje de hidróxido en el rango comprendido entre el nivel 3 (30%) y 4 (45%) del porcentaje de jabón base, por lo tanto la interacción (BC) es poco significativa de manera que se confirma lo establecido en el ANOVA ($0.484 > 0.05$).

Para los efectos temperatura con porcentaje de jabón base (AC), las gráficas obtenidas tienden a ser iguales y no presentan interacción, esto hace que sea la que presente menor incidencia en el ANOVA, (0.717).

5.2.2. Análisis ANOVA para la materia total insoluble en alcohol

En la siguiente tabla se muestra el ANOVA calculado por Minitab para la materia total insoluble.

Tabla 35. Análisis de varianza para materia total insoluble en alcohol

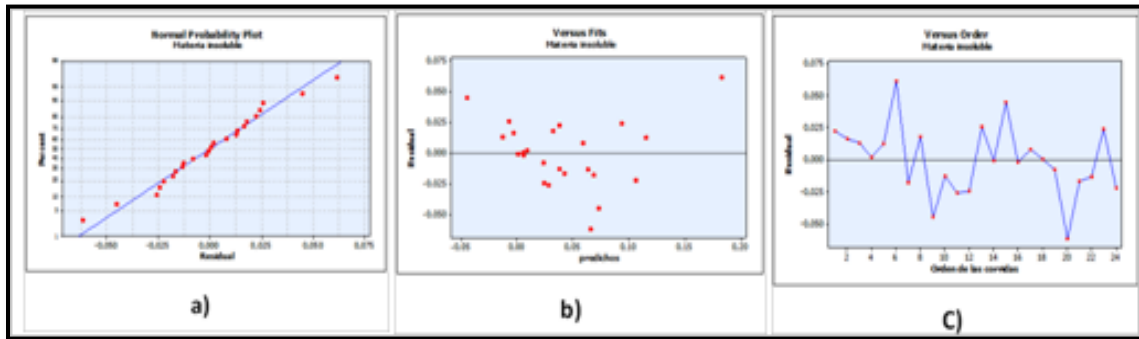
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperatura	1	0.015435	0.015435	0.015435	5.41	0.059
KOH, [%P/P]	2	0.006127	0.006127	0.003063	1.07	0.400
[%P/P], Jabón base	3	0.001479	0.001479	0.000493	0.17	0.911
Temperatura* KOH, [%P/P]	2	0.006923	0.006923	0.003462	1.21	0.361
Temperatura* [%P/P], Jabón base	3	0.005150	0.005150	0.001717	0.60	0.637
NaOH, [%P/P]* [%P/P], Jabón base	6	0.021370	0.021370	0.003562	1.25	0.397
Error	6	0.017126	0.017126	0.002854		
Total	23	0.073609				

En la Tabla anterior se puede apreciar que ninguno de los factores e interacciones tienen efecto significativo sobre la materia total insoluble. El factor temperatura esta levemente encima del criterio establecido, pero aun así no se considera que esta variable sea estadísticamente significativa.

En la Gráfica 15.a, se muestra la distribución de los residuos, los cuales tienden a quedar alineados a una línea recta, lo que indica que no existen anomalías en los datos. En la Gráfica 15.b se puede observar que los puntos se distribuyen de manera aleatoria, indicando que los tratamientos tienen varianza constante, finalmente en la Gráfica 15.c, se muestra la distribución

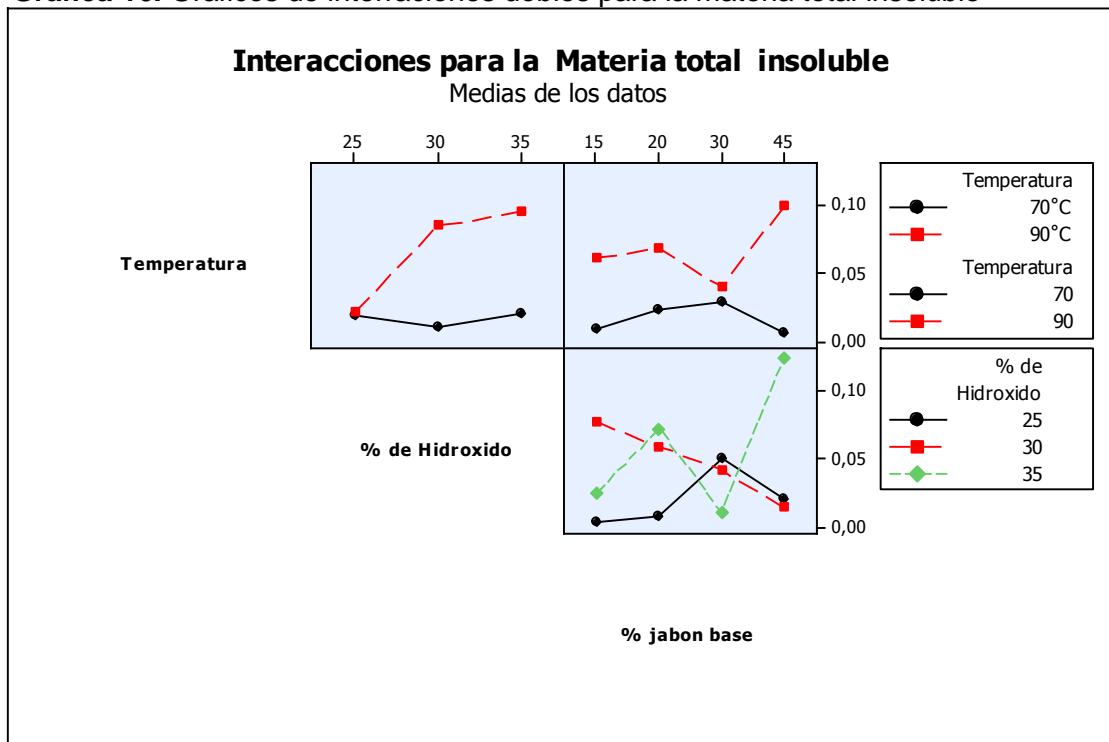
aleatoria de los residuos con respecto al orden de las corridas, lo cual evidencia el cumplimiento del supuesto de independencia del error.

Gráfica 15. Gráfica de supuestos para la materia total insoluble: a) gráfica de residuos en papel normal, b) gráficos de predichos vs residuos, c) gráficos de Orden de Corrida vs residuos



En la siguiente Gráfica se muestran los efectos dobles para la materia total insoluble en alcohol.

Gráfica 16. Graficos de interacciones dobles para la materia total insoluble



En la Gráfica 16, se puede observar que las gráficas obtenidas para el efecto de la temperatura con el porcentaje de hidróxido (AB), tienden a ser paralelas e interactúan únicamente en el nivel 1 (25%) del porcentaje de hidróxido, de manera que presentan una interacción poco significativa, confirmando lo establecido en el ANOVA ($0.361 > 0.05$).

Para el efecto del porcentaje de hidróxido con porcentaje de jabón base (BC), las gráficas de los niveles 1 (25%) y 3 (35%) del porcentaje de hidróxido interactúan en los niveles 3 (30%) y 4 (45%) del porcentaje de jabón base, la gráfica del nivel 2 (30%) del porcentaje de hidróxido interactúa con la gráfica del nivel 3 (35%) del porcentaje de hidróxido en el nivel 3 y 4 del porcentaje de jabón base. Al haber niveles en el que las gráficas tienden a ser iguales, las posibles interacciones tienden a ser poco significativas, por lo tanto, se cumple lo establecido en el ANOVA ($0.397 > 0.05$).

Para el efecto AC, se puede observar que las gráficas de temperatura tienden a ser iguales e interactúan en el rango de los niveles 3 (30%) y 4 (45%) de los porcentajes de jabón base, esta información nos indica que la interacción AC no es significativa ($0.637 > 0.05$).

5.2.3. Análisis ANOVA para la alcalinidad libre

En la siguiente tabla se muestra el ANOVA calculado por Minitab 16 para la alcalinidad libre del jabón base líquido.

Tabla 36. Análisis de varianza para la alcalinidad libre

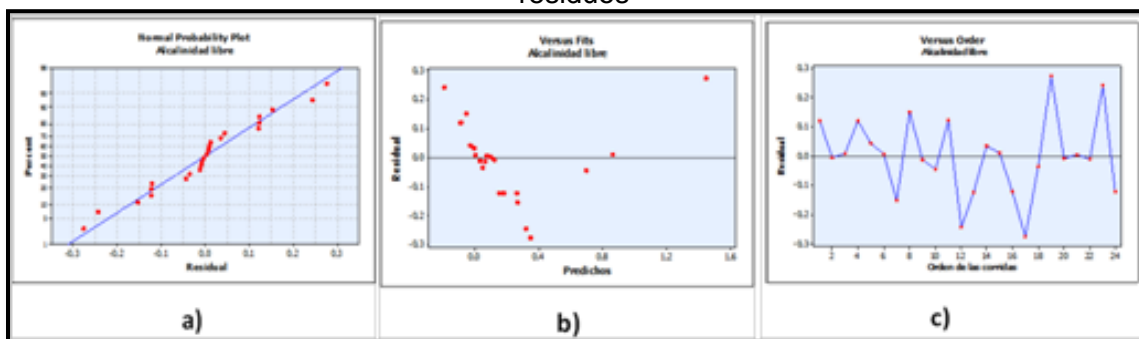
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperatura	1	0.44475	0.44475	0.44475	6.44	0.044
KOH, [%P/P]	2	0.74926	0.74926	0.37463	5.43	0.045
[%P/P], Jabón base	3	0.33771	0.33771	0.11257	1.63	0.279
Temperatura* KOH, [%P/P]	2	0.78166	0.78166	0.39083	5.66	0.042
Temperatura* [%P/P], Jabón base	3	0.26662	0.26662	0.08887	1.29	0.361
NaOH, [%P/P]* [%P/P], Jabón base	6	0.40578	0.40578	0.06763	0.98	0.510
Error	6	0.41411	0.41411	0.06902		
Total	23	3.39989				

En la Tabla 36 se puede apreciar que los factores e interacciones que tienen incidencia sobre la variable respuestas son Temperatura (A), porcentaje de hidróxido (B) y la interacción entre ambos (AB), debido a que cumplen con el criterio preestablecido ($P < 0.05$).

Al realizar un análisis teórico sobre el proceso de saponificación, se puede decir que el factor B (Porcentaje de hidróxido), es el que puede tener mayor incidencia sobre la variable respuesta, sin embargo, al efectuar los experimento y realizar el análisis ANOVA, encontramos que hay otros factores que inciden en la variable respuesta, además, se puede observar que la interacción entre los factores AB es la que presenta mas significancia aunque, a diferencia con los demás factores (AB) no es muy significativa.

En el siguiente Gráfico se presentan la normalidad de los resultados para la alcalinidad libre. La Gráfica 17.a muestra claramente que los datos no presenta anomalías.

Gráfica 17. Gráfica de supuestos para la alcalinidad libre: a) gráfica de residuos en papel normal, b) gráficos de predichos vs residuos, c) gráficos de Orden de Corrida vs residuos



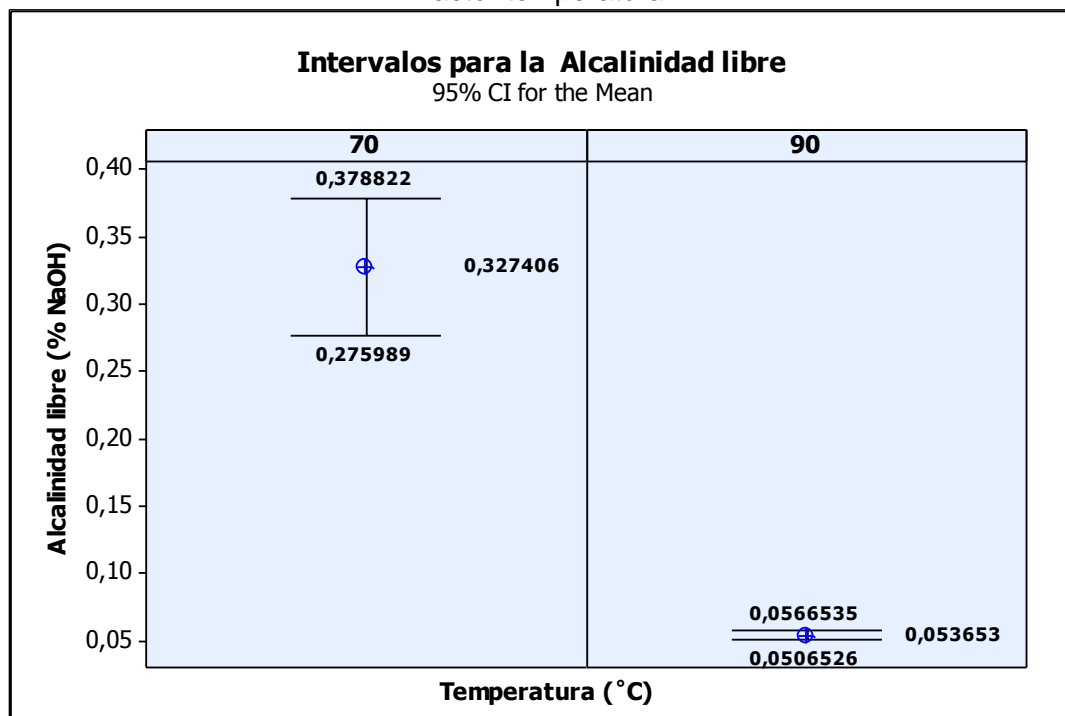
La Gráfica 17.b muestra que los datos no se distribuyen de manera aleatoria con respecto a la línea horizontal, esto se debe a que los tratamientos para la variable respuesta no presentan varianza constante.

En la Gráfica 17.c, se observa que el comportamiento de los puntos es aleatorio dentro de la banda horizontal, lo cual es evidencia suficiente de que el supuesto de independencia del error se cumple.

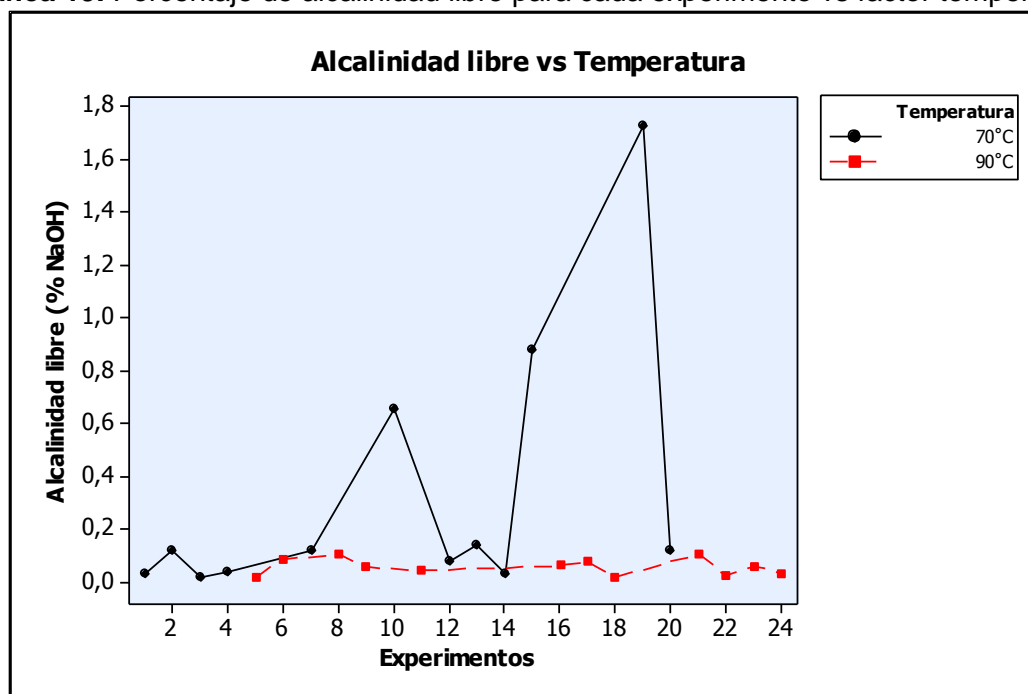
En la Gráfica 18, se muestran los rangos y valores promedios para el porcentaje de alcalinidad libre obtenidos con respecto a la variación de los niveles del factor temperatura, en el cual se logra observar que la alcalinidad oscila en un intervalo de 0.275 a 0.378% con un promedio de 0.3274% para el nivel 1 (70°C), para el caso del nivel 2 (90°C), se encuentra entre 0.050 a 0.056% con un promedio de 0.0536%. La diferencia entre los promedios de los dos niveles da aproximadamente 0.273%, esto demuestra que a mayor temperatura menor es la alcalinidad libre, presentando a si una incidencia positiva en el proceso de elaboración de jabón líquido.

En la Gráfica 19 se presentan los porcentajes de alcalinidad libre obtenidos en cada experimento vs el factor temperatura, como se puede observar claramente en la gráfica, la incidencia de la temperatura sobre los resultados del porcentaje de alcalinidad libre, cuando la temperatura aumenta la alcalinidad tiende a disminuir y viceversa.

Gráfica 18. Intervalos y promedios del porcentaje de alcalinidad libre con respecto al factor temperatura



Gráfica 19. Porcentaje de alcalinidad libre para cada experimento vs factor temperatura



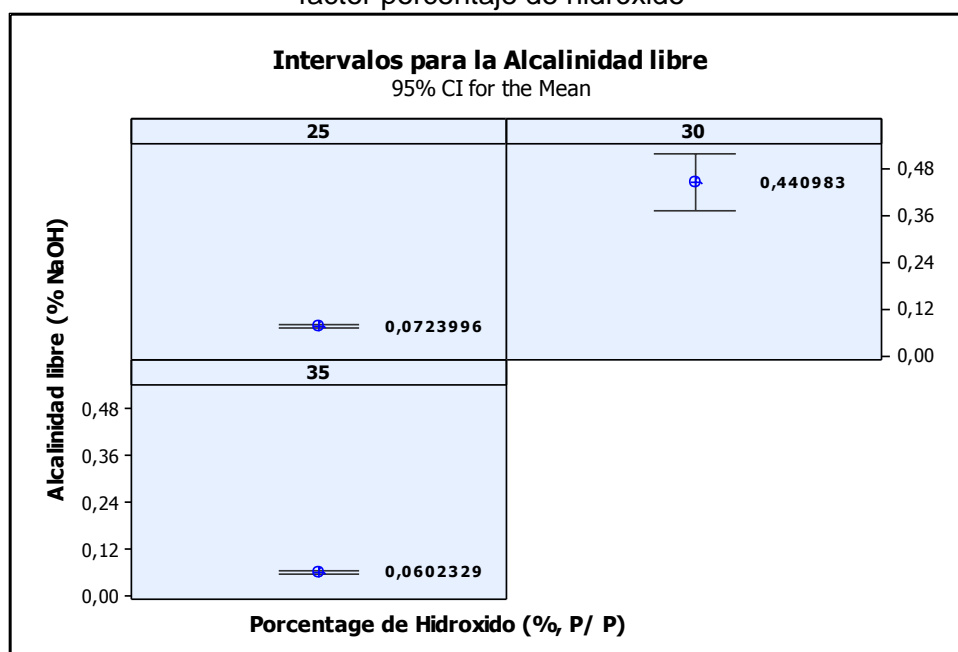
En la Gráfica 20, se muestran los rangos y valores promedios para el porcentaje de alcalinidad libre obtenidos con respecto a la variación de los niveles del factor porcentaje de hidróxido, en el cual se logra observar que el porcentaje de

alcalinidad oscila en un intervalo de 0.0669 a 0.0778% con un promedio de 0.07239% para el nivel 1 (25%).

Tenemos que para el caso del nivel 2 (30%), se encuentra entre 0.3680 a 0.5139% con un promedio de 0.4409 %.

Finalmente, para el nivel tres (35%), se observa que este oscila entre 0.05509 a 0.0653%, con un promedio del 0.06023%, como se puede ver en la Gráfica, hay un incremento del porcentaje de alcalinidad con el aumento del porcentaje de hidróxido del nivel 1 (25%) al nivel 2 (30%), sin embargo, el porcentaje de alcalinidad baja para el caso del nivel 3 (35%).

Gráfica 20. Intervalos y promedios del porcentaje de alcalinidad libre con respecto al factor porcentaje de hidróxido

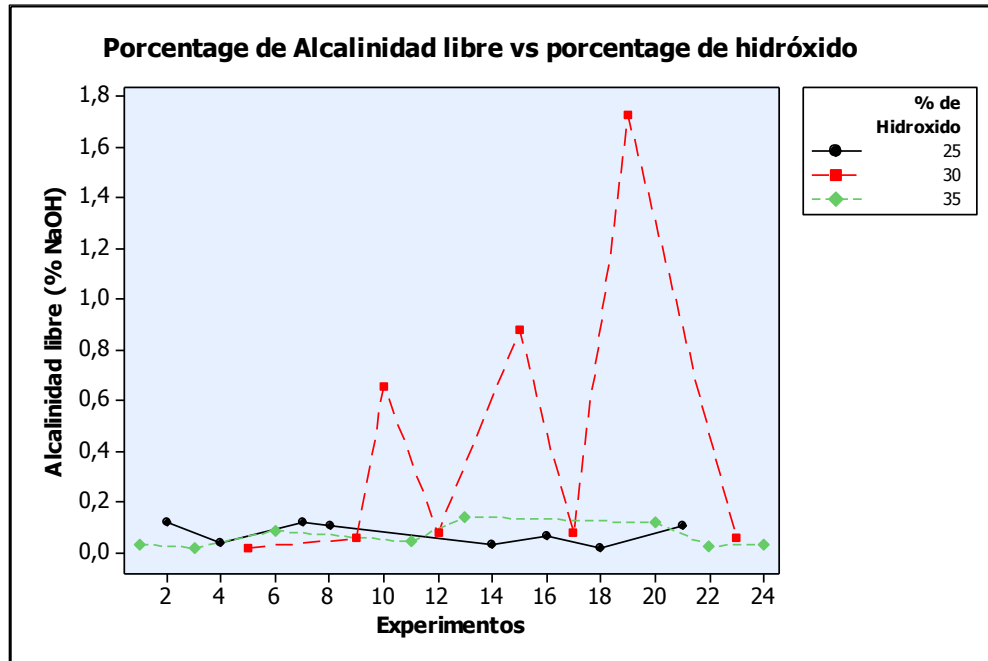


En la Gráfica 21 se presentan los porcentajes de alcalinidad libre obtenidos en cada experimento vs porcentaje de hidróxido, se puede apreciar claramente en la gráfica que para el nivel 2 (30%) el porcentaje de alcalinidad aumenta considerablemente, por lo tanto, existe una gran diferencia con respecto a los otros dos niveles en el cual el porcentaje de alcalinidad tiende a no variar considerablemente. Según la Gráfica 21, el nivel 3 (35%), es el que presenta menor porcentaje de alcalinidad, por lo tanto, influye de manera positiva en el proceso.

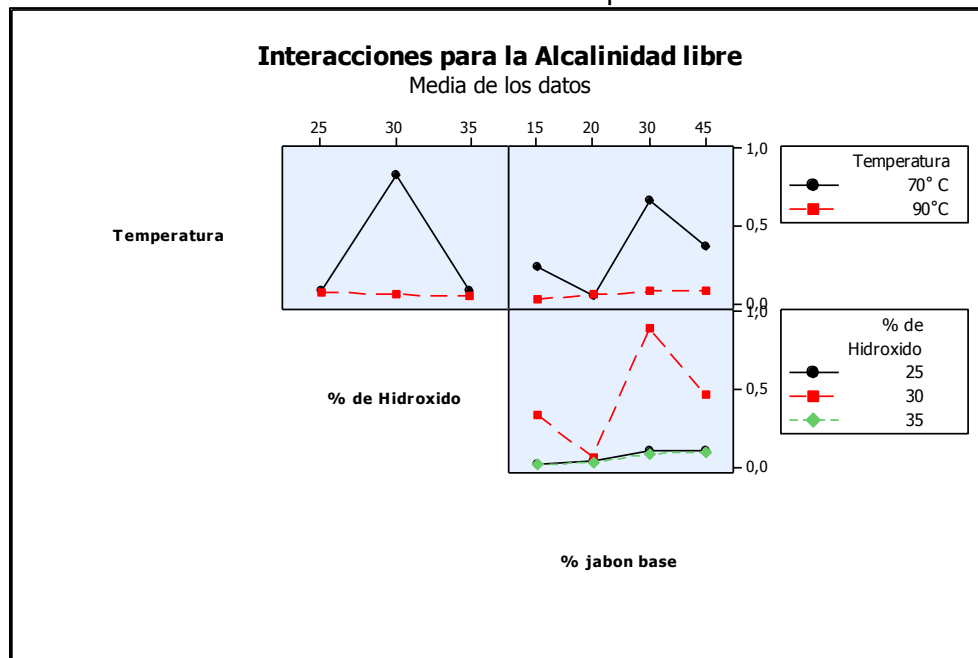
En la Gráfica 22 se muestran las interacciones dobles para la alcalinidad libre, en la que se puede observar claramente para los factores de temperatura y porcentaje de hidróxido (AB), que las gráficas obtenidas para cada nivel de temperatura son diferentes en cada nivel de porcentaje de hidróxido, por lo

tanto, presentan una interacción significativa, confirmando lo establecido en el ANOVA ($0.042 < 0.05$).

Gráfica 21 Porcentaje de alcalinidad libre para cada experimento vs factor porcentaje de hidróxido



Gráfica 22. Gráficos de interacciones dobles para la alcalinidad libre



En la misma gráfica, se observa que los factores de temperatura y porcentaje de jabón base (AC), que para los niveles de temperaturas, el gráfico tienden a comportarse igual en el rango comprendido entre el nivel 1 (15%) y 2 (20%) del

porcentaje de hidróxido y tienden a ser diferentes a partir del nivel 2 hasta el nivel 4 (45%), por lo tanto, se concluye que presentan poca interacción ($0.361 > 0.05$).

Para los factores de porcentaje de hidróxido y porcentaje de jabón base (BC), se observa que las gráficas para los niveles 1 (25%) y 3 (35%) del porcentaje de hidróxido, son iguales en todos los niveles del porcentaje de jabón base, sin embargo, para el nivel 2 (30%) del porcentaje de hidróxido, este interactúa en el rango del nivel 2 hasta el nivel 4 del porcentaje de jabón base con los niveles 1 y 3 del porcentaje de hidróxido, de manera que la interacción no es significativa debido a que la gráfica de dos de los tres niveles del porcentaje de hidróxido son iguales, por lo tanto se confirma lo presentado en el ANOVA ($0.510 > 0.05$).

5.2.4. Análisis ANOVA para el porcentaje de humedad

En la siguiente tabla se muestra el ANOVA calculado por Minitab para el porcentaje de humedad del jabón base líquido.

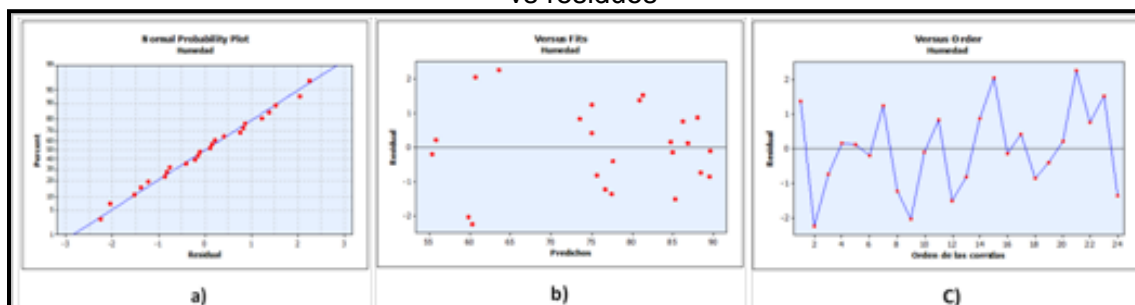
Tabla 37. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperatura	1	5.85	5.85	5.85	1.02	0.351
KOH, [%P/P]	2	59.83	59.83	29.92	5.22	0.049
[%P/P], Jabón base	3	2802.90	2802.90	934.30	163.10	0.000
Temperatura* KOH, [%P/P]	2	20.95	20.95	10.48	1.83	0.240
Temperatura* [%P/P], Jabón base	3	7.09	7.09	2.36	0.41	0.750
NaOH, [%P/P]* [%P/P], Jabón base	6	23.36	23.36	3.89	0.68	0.675
Error	6	34.37	34.37	5.73		
Total	23	2954.35				

En la Tabla 37 se puede apreciar que los factores e interacciones que tienen incidencia sobre la variable respuestas son el porcentaje de hidróxido (B) y el porcentaje de jabón base (C), debido a que cumplen con el criterio preestablecido ($P < 0.05$). Al realizar un análisis teórico sobre el proceso, se puede definir que el factor C (Porcentaje de jabón base) es el que tiene mayor incidencia sobre la variable respuesta y se confirma su gran efecto sobre la variable de respuesta en el ANOVA ($0.00 < 0.005$).

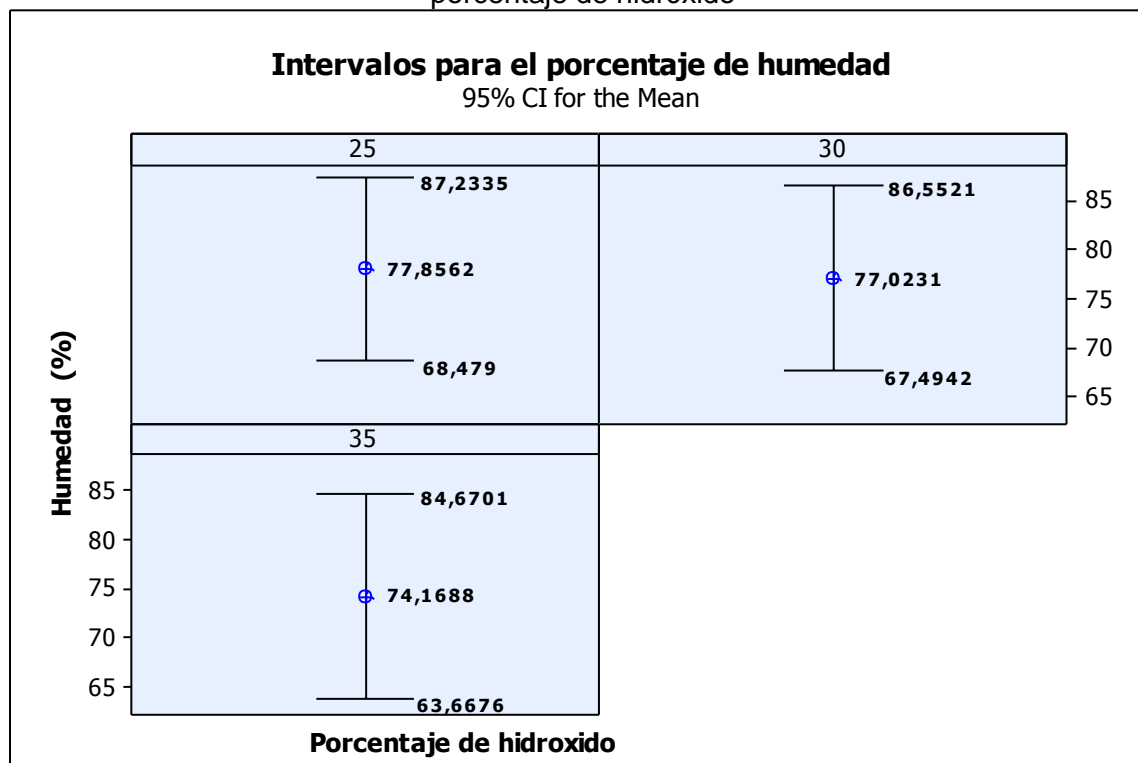
En el Gráfico 23.a, se muestra la distribución de los residuos, los cuales tienden a quedar alineados a una línea recta, lo que indica que no existen anomalías en los datos. Para Gráfico 23.b, se puede observar que los puntos se distribuyen de manera aleatoria, indicando que los tratamientos tienen varianza constante, finalmente en la Gráfica 23.c, se muestra la distribución aleatoria de los residuos con respecto al orden de las corridas, lo cual evidencia el cumplimiento del supuesto de independencia del error.

Gráfica 23. Gráfica de supuestos para el porcentaje de humedad: a) gráfica de residuos en papel normal, b) gráficos de predichos vs residuos, c) gráficos de Orden de Corrida vs residuos



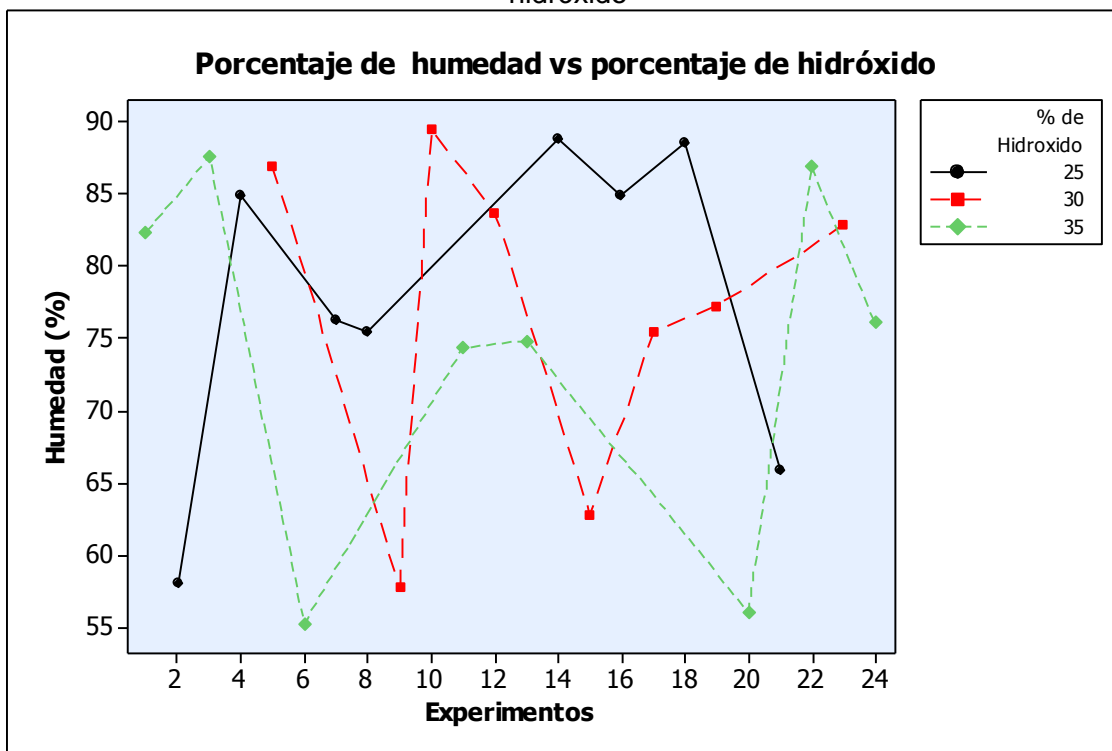
En la Gráfica 24 se muestran los rangos y valores promedios para el porcentaje de humedad obtenidos con respecto a la variación de los niveles del factor porcentaje de hidróxido, en el cual, se logra observar que el porcentaje de humedad oscila en un intervalo de 68.47 a 87.23% con un promedio de 77.85%, para el nivel 1 (25%), para el caso del nivel 2 (30%), se encuentra entre 67.49 a 86.55% con un promedio de 77%, para el tercer nivel (35%) oscila entre 63.66 a 84.67% , con un promedio del 74.16%, como se puede ver en la gráfica hay una disminución poco significativa del porcentaje de humedad al aumentar el porcentaje de hidróxido del nivel 1 (25%) al nivel 3 (30%).

Gráfica 24. Intervalos y promedios del porcentaje de humedad con respecto al factor porcentaje de hidróxido



En la siguiente gráfica se presentan los porcentajes de humedad obtenidos en cada experimento vs porcentaje de hidróxido de potasio y además, se puede apreciar en la gráfica que los porcentaje de humedad no difieren significativamente para los tres niveles de porcentaje de hidróxidos.

Gráfica 25. Porcentaje de humedad para cada experimento vs factor porcentaje de hidróxido

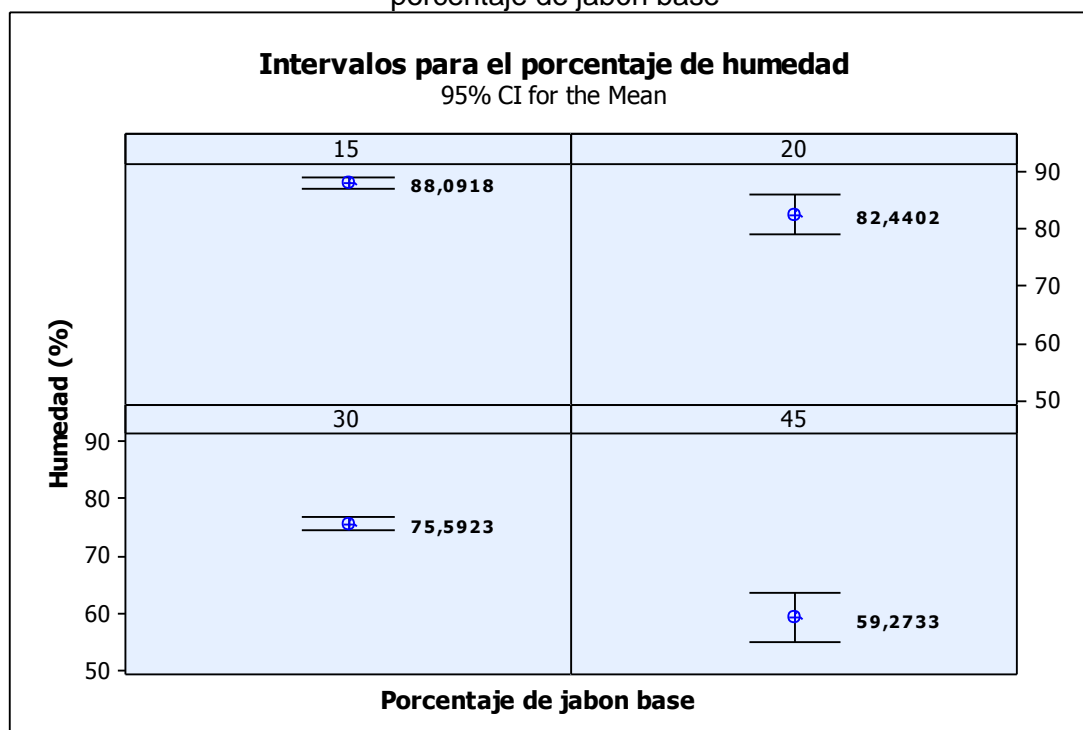


En la Gráfica 26 se muestran los valores promedios para el porcentaje de humedad obtenidos con respecto a la variación de los niveles del factor porcentaje de jabón base, en la cual, se logra observar que el porcentaje de humedad promedio es de 88%, para el nivel 1 (15%), para el caso del nivel 2 (20%), con un promedio de 82.4%, para el tercer nivel (30%) con un promedio del 75.59%, para el cuarto nivel (45%) con un promedio de 59.27%, estos resultados demuestran que el porcentaje de humedad es dependiente del porcentaje de jabón base.

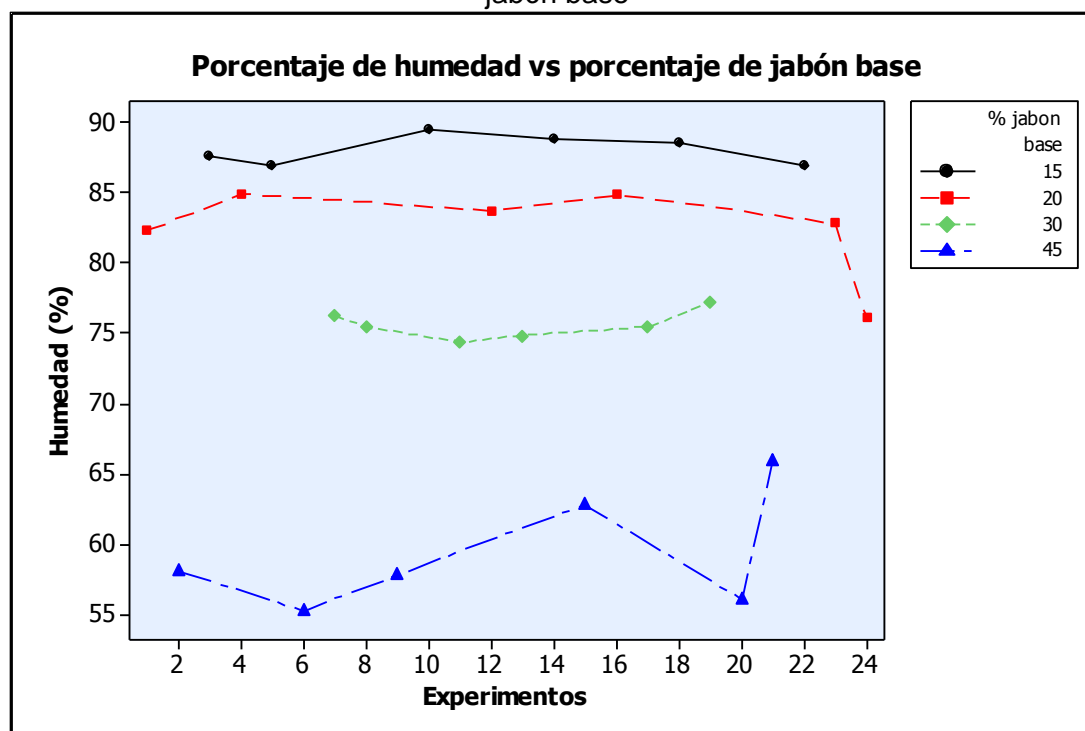
En la Gráfica 27 se puede observar claramente la incidencia del factor porcentaje de jabón base sobre la variable respuesta porcentaje de humedad. A medida que aumenta el porcentaje de jabón base el porcentaje de humedad disminuye y viceversa.

En la Gráfica 28 se presentan las gráficas de interacciones dobles para el porcentaje de humedad, como se puede observar en las gráficas, para todas las interacciones, estas tienden a ser iguales, por lo tanto, no existe una interacción significativa, confirmándose lo presentado en el ANOVA.

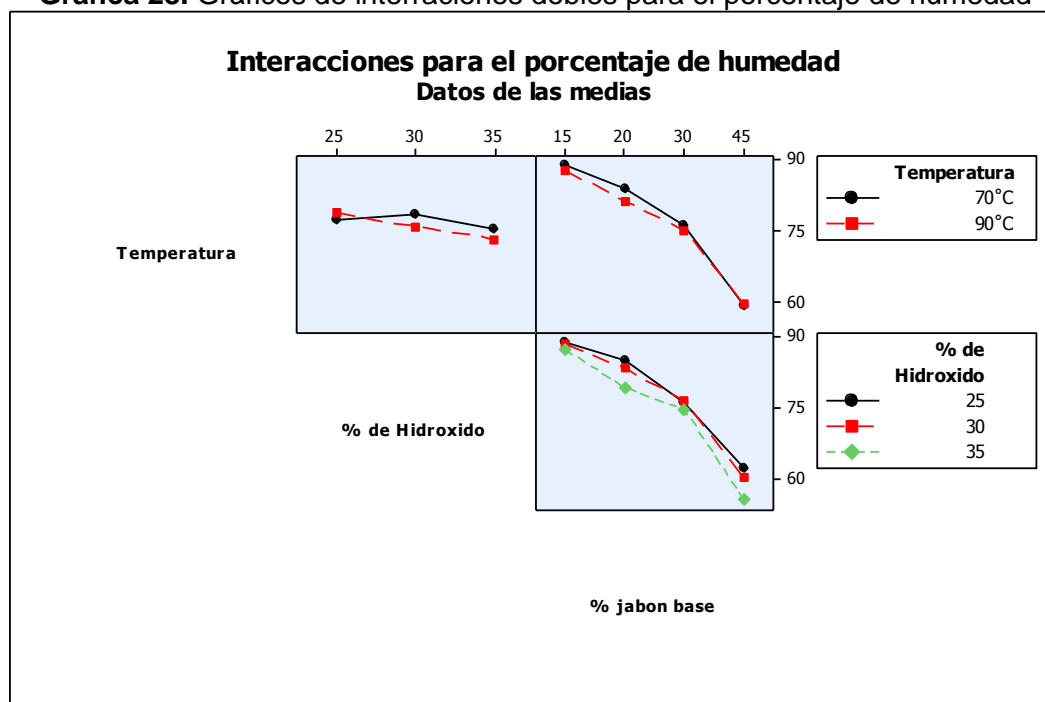
Gráfica 26 Intervalos y promedios del porcentaje de humedad con respecto al factor porcentaje de jabón base



Gráfica 27. Porcentaje de humedad para cada experimento vs factor porcentaje de jabón base



Gráfica 28. Gráficos de interacciones dobles para el porcentaje de humedad



5.2.5 Análisis ANOVA para el rendimiento real del jabon base líquido

En la siguiente figura se muestra el ANOVA calculado por Minitab para el rendimiento real del jabón base.

Tabla 38. Análisis de varianza para el rendimiento real

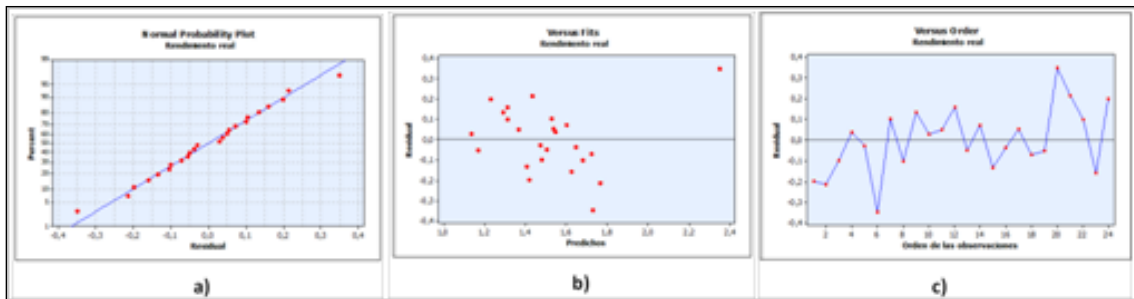
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Temperatura	1	0.00123	0.00123	0.00123	0.01	0.913
KOH, [%P/P]	2	0.25869	0.25869	0.12934	1.37	0.324
[%P/P], Jabón base	3	0.18299	0.18299	0.06100	0.65	0.613
Temperatura* KOH, [%P/P]	2	0.25535	0.25535	0.12767	1.35	0.328
Temperatura* [%P/P], Jabón base	3	0.23576	0.23576	0.07859	0.83	0.523
NaOH, [%P/P]* [%P/P], Jabón base	6	0.50298	0.50298	0.08383	0.89	0.556
Error	6	0.56664	0.56664	0.09444		
Total	23	2.00362				

En la tabla anterior se puede apreciar que ninguno de los efectos principales e interacciones dobles presentan significado estadístico, debido a que presentan un valor de $P > 0.05$.

En la Gráfica 29.a, se muestra la distribución de los residuos, los cuales tienden a quedar alineados a una línea recta, lo que indica que no existen anomalías en los datos. Para la Gráfica 29.b, se puede observar que los puntos se distribuyen de manera aleatoria, indicando que los tratamientos tienen

varianza constante, finalmente en la Gráfica 29.c, se muestra la distribución aleatoria de los residuos con respecto al orden de las corridas, lo cual evidencia el cumplimiento del supuesto de independencia del error.

Gráfica 29. Gráfica de supuestos para el rendimiento real del jabón base: a) gráfica de residuos en papel normal, b) gráficos de predichos vs residuos, c) gráficos de Orden de Corrida vs residuos

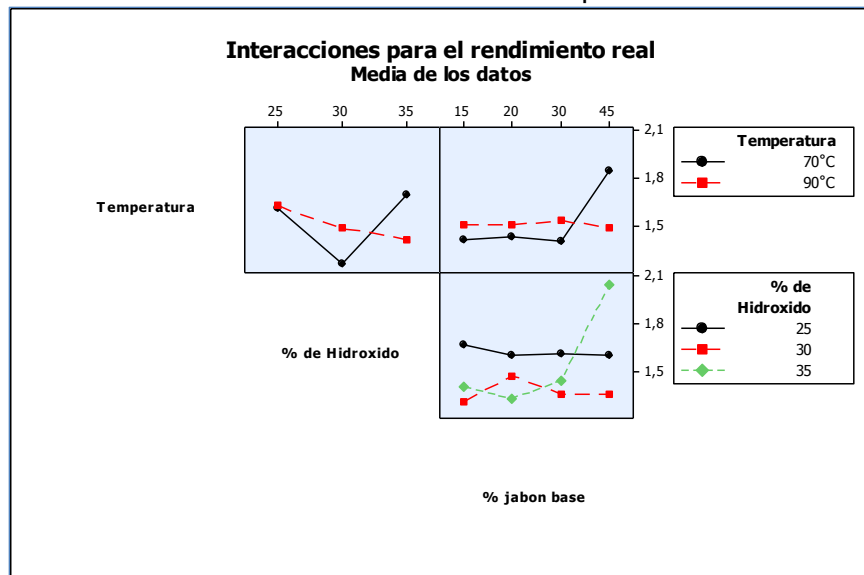


En la Gráfica 30, se presentan las interacciones dobles para el rendimiento real del jabón base, como se puede observar en la gráfica para la interacción AB, las gráficas de los niveles de temperatura tienden a ser igual e interactúan en el rango comprendido entre el nivel 2 (30%) y el nivel 3 (35%), por lo tanto, no presentan interacción significativa.

Para la interacción AC, las gráficas de temperaturas son iguales e interactúan únicamente en el rango comprendido entre el nivel 3 (30%) y 4 (45%) del porcentaje de jabón base, por lo tanto, su interacción no es significativa.

Para la interacción BC, las gráficas de los niveles 1 (25%) y 2 (30%) del porcentaje de hidróxido se comportan similarmente en todos los niveles del porcentaje de jabón base, por lo tanto, su interacción no es significativa, de manera que se confirma lo presentado en el ANOVA.

Gráfica 30. Gráficos de interacciones dobles para el rendimiento real



5.3 Comparación de los resultados de los parámetros fisicoquímicos de los jabones obtenidos con la norma nicaragüense para jabones N° 5695 – MEIC

Los parámetros fisicoquímicos (variables de respuestas) determinados a los jabones obtenidos se compararon con los establecidos en la norma N° 5695 – MEIC. En la siguiente tabla se muestran los parámetros fisicoquímicos y sus valores para los diferentes tipos de jabones.

Tabla 39 Parámetros fisicoquímicos y sus valores que deben de cumplir los jabones

Clasificación	Humedad y materia volátil a 105°C (%)	Alcalinidad libre (%NaOH)	Materia Total Insoluble en Alcohol (%)	Acidez libre (% Ácido Oleico)
Jabón Base de Tocador	15	0.05	2	0
Jabones líquidos	80	0.01	5	0

Fuente: Norma nicaragüense para jabones N° 5695 – MEIC.

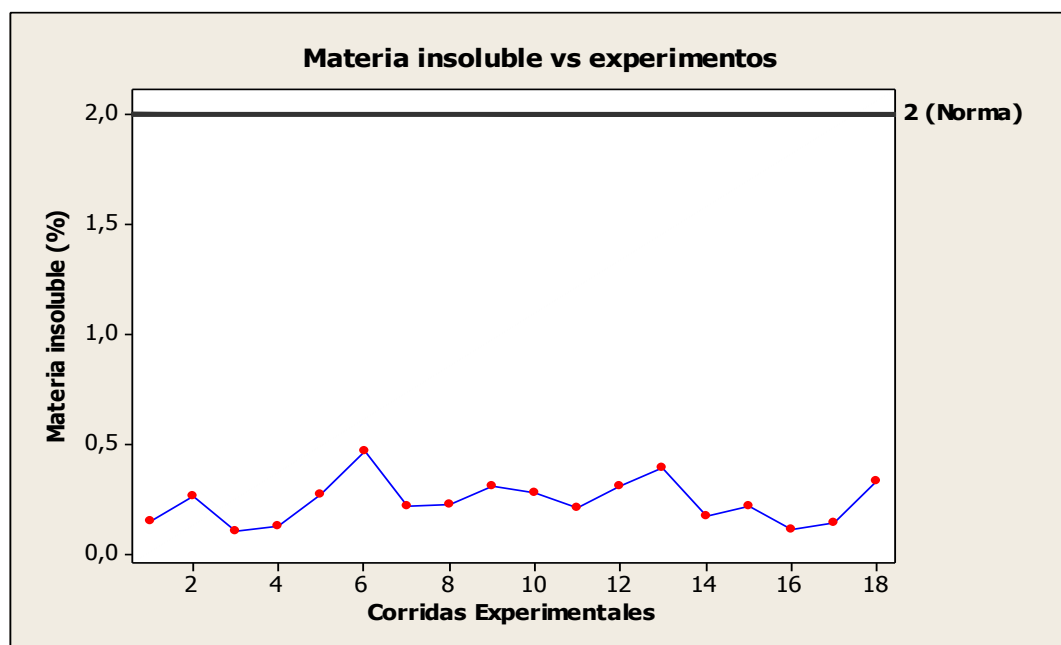
Como se puede observar en la tabla anterior los parámetros fisicoquímicos seleccionados fueron los que se evaluaron para los jabones obtenidos por ser los más difíciles de controlar en el proceso de elaboración de jabones líquidos naturales y jabones base de tocador.

5.3.1. Comparación de los parámetros fisicoquímicos de los jabones base de tocador con la norma nicaragüense para jabones N° 5695 – MEIC

5.3.1.1 Materia total insoluble en alcohol

En la siguiente gráfica se muestran los resultados obtenidos en cada experimento para la materia total insoluble. En la gráfica se puede apreciar que todos los experimentos realizados presentan valores menores al establecido en la norma.

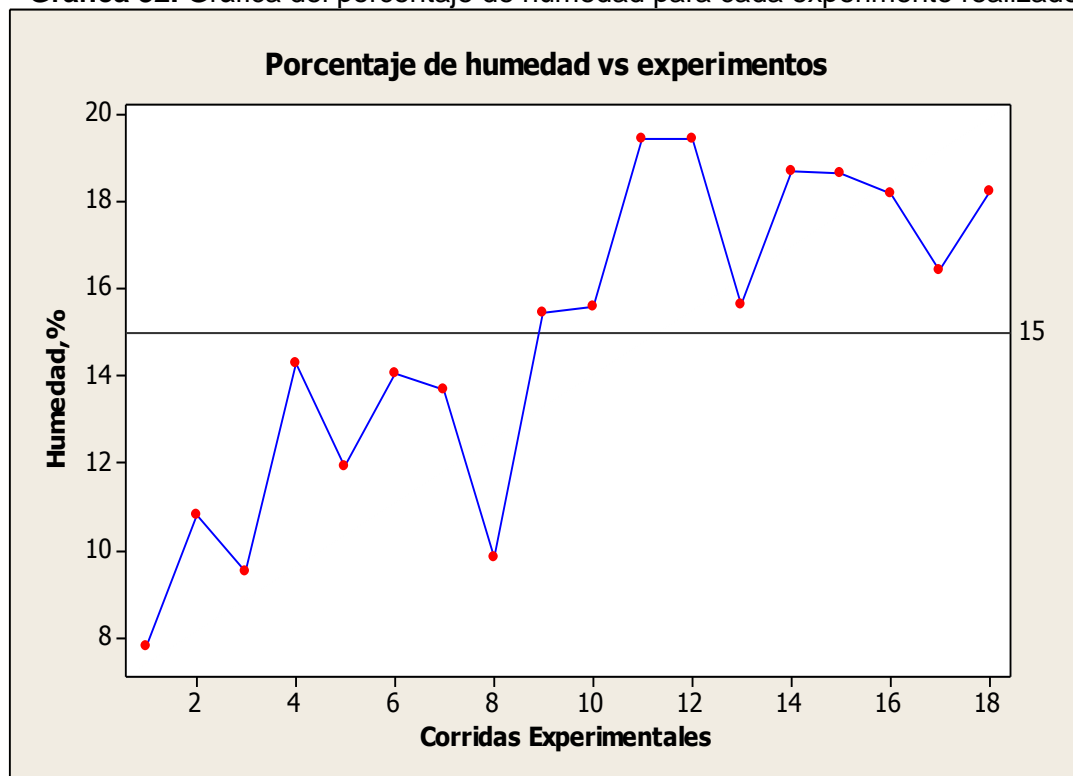
Gráfica 31. Grafica de materia total insoluble para cada experimento realizado



5.3.1.2 Porcentaje de humedad

En la Gráfica 32 se presentan los resultados obtenidos para cada experimento del porcentaje de humedad.

Gráfica 32. Gráfica del porcentaje de humedad para cada experimento realizado

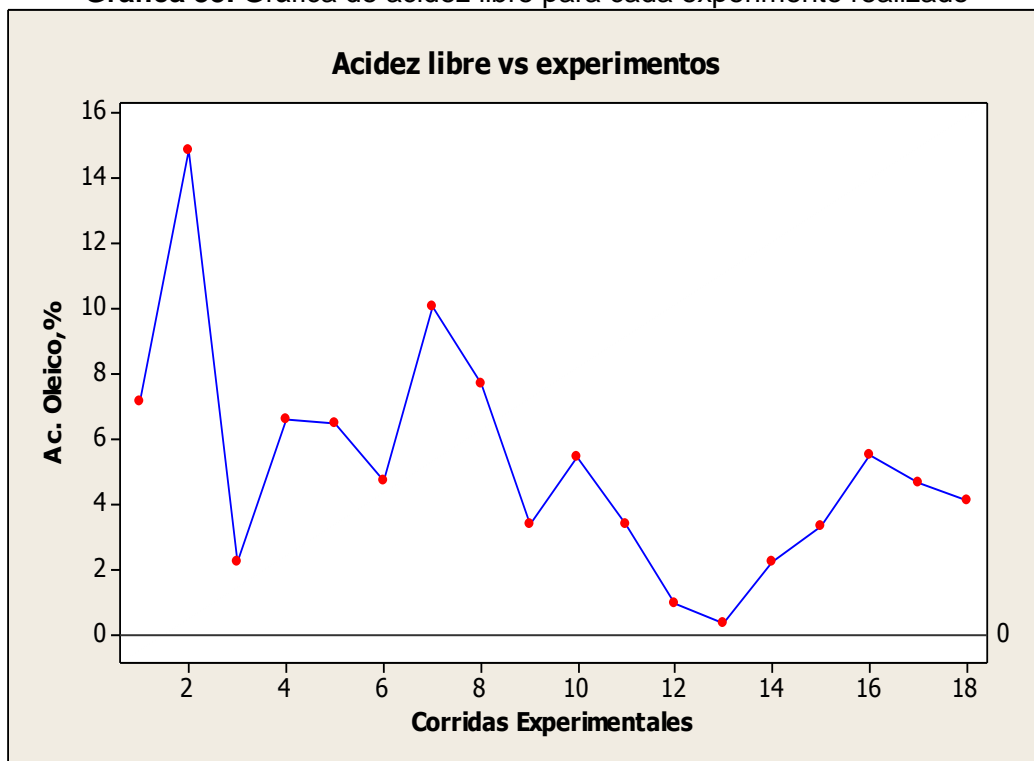


En la gráfica anterior, se puede observar que los primeros ocho experimentos presentan porcentaje de humedad menor al establecido en la norma.

5.3.1.3 Acidez libre

El porcentaje de acidez libre como ácido oleico para cada experimento se presenta en la Gráfica 33. Como se puede observar en la gráfica, ningún tratamiento cumple con la norma, el valor mínimo obtenido en la gráfica corresponde al tratamiento 13, el cual presenta un porcentaje de acidez libre de 0.33%.

Gráfica 33. Gráfica de acidez libre para cada experimento realizado

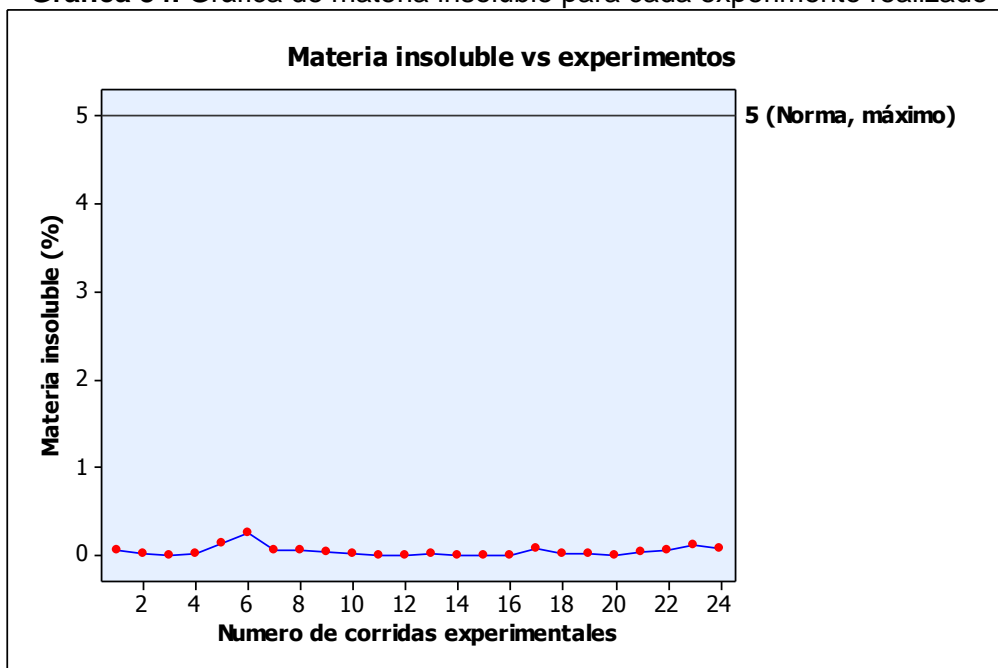


5.3.2. Comparación de los parámetros fisicoquímicos de los jabones bases líquidos con la norma nicaragüense para jabones N° 5695 – MEIC

5.3.2.1 Materia total insoluble en alcohol

En la siguiente gráfica se presentan los resultados obtenidos en cada experimento para la materia total insoluble. Se puede observar en la gráfica que todos los experimentos realizados están sumamente por debajo de la norma.

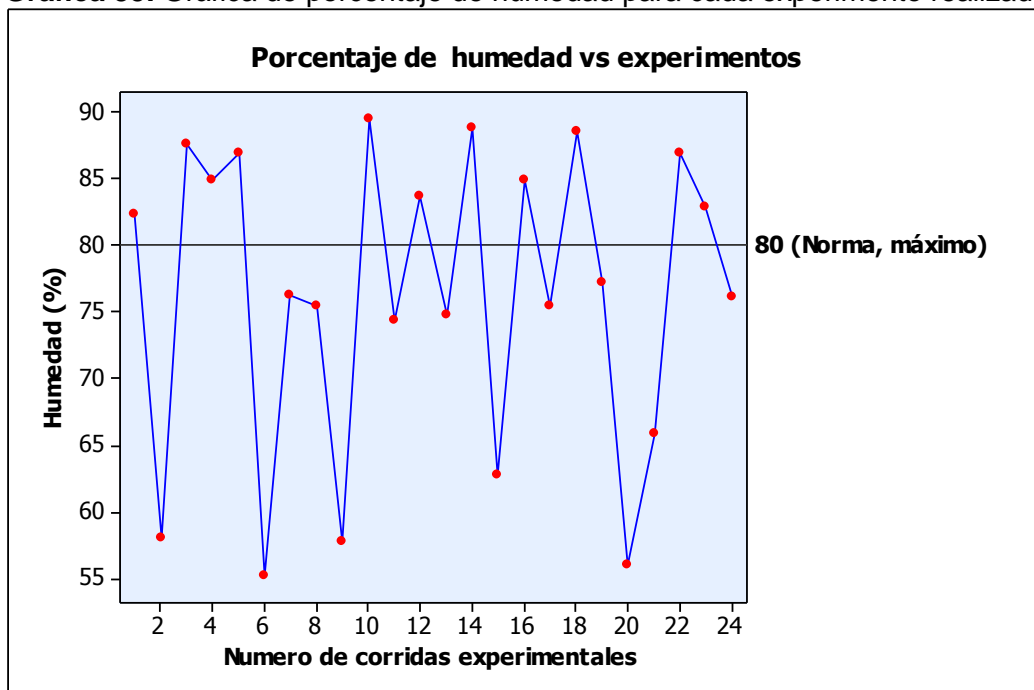
Gráfica 34. Gráfica de materia insoluble para cada experimento realizado



5.3.2.2 Porcentaje de humedad

Para el porcentaje de humedad se presentan los valores obtenidos para cada experimento en la Gráfica 35. Como se puede apreciar en la gráfica, los experimentos (2, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 20, 21, 24), cumplen con lo establecido en la norma.

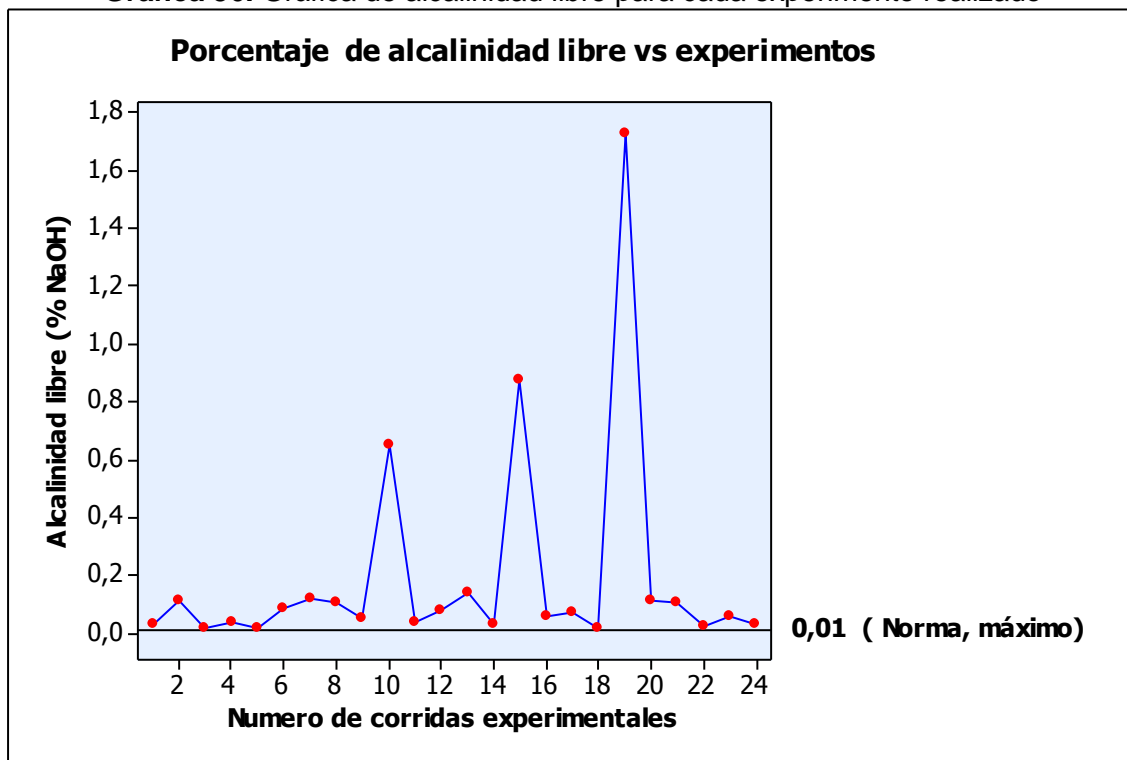
Gráfica 35. Gráfica de porcentaje de humedad para cada experimento realizado



5.3.2.3 Alcalinidad libre

En la siguiente gráfica se presentan los porcentaje de alcalinidad libre obtenidos para cada experimento. En la misma, se puede observar que ninguno de los resultados obtenidos en cada experimento cumple con la norma, Sin embargo, se presentan valores muy próximos, los cuales corresponden a los tratamientos 3, 5 y 18.

Gráfica 36. Gráfica de alcalinidad libre para cada experimento realizado



6 CONCLUSIONES

Luego de haber realizado la investigación sobre “Evaluación experimental para la obtención de jabón base de tocador y jabón líquido natural utilizando como materia prima aceite de sésamo”, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- Las pruebas preliminares realizadas para la elaboración de jabón líquido, permitieron determinar que el aceite de sésamo presenta alrededor de un 24% de goma, lo que dificulta el proceso de saponificación, por lo tanto fue necesario desgomar el aceite para el proceso de elaboración de los jabones: base de tocador y líquido natural.
- La presencia de goma en el aceite, incide en el índice de saponificación, presentando el aceite crudo un índice de saponificación menor que el del aceite desgomado.
- Se determinó las propiedades fisicoquímicas más significativas del aceite de sésamo para los procesos de elaboración de jabones, las cuales son las siguientes: densidad (922 kg/m^3), materia insaponificable (0.716%) e índice de saponificación (232.3 mg de KOH/g de aceite), todas estas se determinaron utilizando los métodos analíticos establecidos en el Official Methods of Analysis of AOAC international 19th edition, 2012 (Volume II, Dr. George w. Latime, Jr.).
- Mediante la matriz de experimento para el proceso de elaboración de jabón base de tocador utilizando el software Minitab 16, se seleccionaron los factores: temperatura de saponificación, índice de saponificación y porcentaje de hidróxido, de los cuales se pudo encontrar que la temperatura de saponificación y el índice de saponificación son los que presentan mayor incidencia en el proceso. Con respecto a la obtención de jabón líquido, los factores que se le seleccionaron: temperatura de saponificación, porcentaje de jabón base y porcentaje de hidróxido, presentaron incidencia en el proceso.
- Se caracterizaron los jabones base de tocador y líquidos obtenidos, donde los parámetros fisicoquímicos: porcentaje de humedad, materia total insoluble, acidez libre y alcalinidad libre, se determinaron conforme a los procedimientos analíticos establecidos en la norma Nicaragüense N^o 5695 – MEIC.
- Para el proceso de elaboración de jabón base de tocador se determinó que al llevar a cabo la reacción de saponificación a 95°C , disminuye el tiempo de saponificación, así mismo se logra aumentar el rendimiento del jabón producido obteniéndose valores satisfactorios para la materia total insoluble en alcohol.

- Evaluando los resultados del análisis estadístico para el proceso de elaboración de jabón líquido se determinó que la temperatura aconsejable para efectuar la reacción de saponificación es de 90°C, debido a que se disminuye considerablemente el tiempo de saponificación de 2.60 a 1.7 horas, además se obtienen mejores resultados para las variables: porcentaje de Humedad, alcalinidad libre y materia total insoluble.
- Los jabones líquidos obtenidos con un porcentaje de jabón base del 20% son los que presentan mejor apariencia visual, presentando cierto grado de viscosidad, sin embargo, no cumplen con la norma en lo que respecta al porcentaje de humedad y alcalinidad libre.
- El porcentaje de hidróxido del 25% para el proceso de jabón líquido incide en el aumento del rendimiento del jabón base, además disminuye el tiempo de saponificación y la materia total insoluble.
- Todos los tratamientos realizados para la elaboración de los jabones de tocador y líquidos cumplen con los valores de materia total insoluble en alcohol establecidos en la norma N° 5695 – MEIC.
- Todos los tratamientos realizados para los jabones base de tocador no cumplen con el parámetro fisicoquímico de acidez libre establecido en la norma 5695 – MEIC.
- Todos los tratamientos realizado para los jabones líquidos no cumplen con el parámetro fisicoquímico de alcalinidad libre establecido en la norma 5695 – MEIC.
- Los tratamientos: 2, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15, 17, 20, 21, 24, realizados para el proceso de jabón líquido cumplen con dos (porcentaje de humedad y materia total insoluble en alcohol) de los tres parámetros fisicoquímicos comparados con la norma N° 5695 – MEIC, sin embargo, presentan una apariencia visual no muy agradable debido a que son muy espesos.
- Los tratamientos: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, realizados para el proceso de jabón base de tocador cumplen con dos (porcentaje de humedad y materia total insoluble en alcohol) de los tres parámetros fisicoquímicos comparados con la norma N° 5695 – MEIC.
- El aceite de sésamo es una buena materia prima para la elaboración de jabón base y jabón líquido con un rendimiento promedio del componente activo de 1.05 g de jabón / g de aceite y 1.51 respectivamente, pero es necesario aumentar el escenario de investigación para consolidar los resultados obtenidos en el desarrollo de este trabajo monográfico.

7 RECOMENDACIONES

- Para mejorar el proceso de desgomado del aceite utilizar una centrifuga con el objetivo de separar eficientemente la goma del aceite.
- Los tratamientos con un porcentaje de alcalinidad libre o acidez libre superior a lo establecido en la norma nicaragüense N^o 5695 – MEIC, se recomienda efectuar ensayos para regular la alcalinidad de los jabones utilizando ácido esteárico o cítrico e hidróxido de sodio a una concentración baja para los que presentan acidez.
- Llevar a cabo el análisis del porcentaje de ácidos grasos totales a los jabones obtenidos para saber si cumplen con los valores establecidos en la norma N^o 5695 – MEIC.
- Se recomienda evaluar las características organolépticas de los jabones obtenidos, mediante un grupo de panelistas, para conocer el grado de aceptación de los productos finales.
- Consolidar la investigación presentada en este trabajo monográfico a través de un diseño experimental considerando los niveles de los factores que presentaron mayor incidencia en ambos procesos evaluados en el presente trabajo con el objetivo de disminuir el número de tratamientos para cada experimento a si mismo utilizar como mínimo dos replicas para cada diseño de experimento.
- Comparar las propiedades fisicoquímica de tres marcas diferentes de jabones presentes en el mercado, con la norma N^o 5695 – MEIC, para conocer si cumplen o no con los valores establecidos en la citada norma.
- Realizar en un futuro un estudio a escala piloto para la elaboración de jabones de tocador y líquidos, utilizando como materia prima el aceite de sésamo, así mismo realizar la estandarización del proceso de producción para ambos jabones.
- Elaborar en un futuro un estudio de factibilidad para conocer la rentabilidad que tiene la elaboración de jabón base y jabón líquido natural.

8 REFERENCIAS

Bailey, Alton E. (1984). Aceites y grasas industriales. Extraído el 2 de febrero de 2013 desde <http://goo.gl/5RaaFj>

Biosan. (2013). Información técnica del aceite de sésamo. Extraído el 2 de febrero de 2013 desde <http://goo.gl/EKmuas>

Cavitch, Susan. (2003). Guía práctica para hacer jabón. Extraído el 8 de febrero de 2013 desde <http://goo.gl/OM35UT>

Correa Urán, Carlos, Montoya Veyrat, Federico, Ocampo Ordóñez, Esteban. (2008). Producción de jabones. Extraído el 2 de febrero de 2013 desde <http://goo.gl/13CYQs>

Cruz Lázaro, Fernando. (2004). Estudio técnico para la elaboración de jabón a partir del sebo generado en la planta de cárnicos de zamorano. Extraído el 7 de febrero de 2013 desde <http://goo.gl/tvDPIb>

Donkor, Peter. (1986). Small-Scale Soapmaking: a handbook. Extraído el 7 de febrero de 2013 desde <http://goo.gl/3zC3YG>

Fuentes, Y. y Martínez L. (2007). Incorporación de pulpa de sábila en la elaboración de jabones de tocador (sulfurado, humectante y antiséptico). Tesis de ingeniería agroindustrial, Universidad Técnica del Norte, Ecuador. Extraído el 15 de noviembre del 2012 desde <http://goo.gl/nFoqJB>

Fuentes, N. y Núñez V. (2010). Evaluación del efecto del aceite de coroba en la elaboración de jabón cosmético. Tesis de ingeniería química, Universidad de Oriente, Barcelona, España. Extraído el 15 de noviembre del 2012 desde <http://goo.gl/02bjTW>

Failor, C. (2001). Jabones líquidos. Barcelona, España: PAIDOTRIVO. Extraído el 13 de noviembre del 2012 desde <http://goo.gl/avadWV>

Galema, Oblitas y Castellvi. (2012). Manual de jabón, teoría y desarrollo práctico a escala local. . Extraído el 2 de febrero de 2013 desde <http://goo.gl/DuJerw>

Guaita, R. (2009). Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de jabón líquido en el valle del chillo cantón Rumiñahui. Tesis de ingeniero d empresas, Universidad Equinoccial, Ecuador. Extraído el 25 de noviembre del 2012 desde <http://goo.gl/qkPqjj>

Herrera, Bolaños y Rutz (2003). Química de los alimentos: Manual de laboratorio. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Primera edición. . Extraído el 2 de febrero de 2013 desde <http://goo.gl/vAjpXi>

Métodos de la industria química en esquemas de flujos coloreados. 1975. Ludwig Mayer. Editorial Reverte, S.A.

MIFIC. (2005). Proyecto de fortalecimiento de la gestión de comercio exterior. Extraído el 26 de febrero de 2013 desde <http://goo.gl/ygZUXm>

Norma Nicaragüense N° 5695 - MEIC (1976). Norma oficial para jabones, Nicaragua, la Gaceta. Extraído el 10 de diciembre del 2012 desde <http://goo.gl/DbFw4c>

Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. (1993). Codex alimentario: Grasas y aceites y productos derivados. . Volumen 8. Extraído el 2 de febrero de 2013 desde <http://goo.gl/14XHa8>

Romo, Alfonso. (1996). Jabones, saponinas y detergentes. . Extraído el 2 de febrero de 2013 desde <http://goo.gl/8BM2dk>

R. Burke, Michael. (2005). Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Extraído el 4 de febrero de 2013 desde <http://goo.gl/zSfeTg>

Valderrama, E. (2012). Formulación y manufactura de productos para la higiene personal y cosmética. Tesis de licenciatura en química, Universidad Católica del Perú, Perú. Extraído el 14 de noviembre del 2012 desde <http://goo.gl/2g36V6>

9 ANEXOS

A. Métodos para la determinación de las propiedades fisicoquímicas del aceite de sésamo

1. Densidad

Método: (AOAC Official Method 985.19, (Apparent) Weight per Unit Volume and Specific Gravity of Fats and Oils. Pycnometer Method)

Para determinar la densidad del aceite se utilizó un picnómetro con capacidad de 25 mL, provisto de un termómetro. Se procedió de la siguiente manera:

- Se tomó un picnómetro limpio y seco y se pesó inicialmente vacío.
- Se llenó completamente con la muestra de aceite.
- Se introdujo el termómetro.
- Se llevó a una temperatura de 20 °C y luego se pesó.
- Luego se aplicó la ecuación correspondiente para el cálculo de la densidad:

$$\rho = \frac{(P_2 - P_1)}{V} \quad \text{Ecuación A. 1}$$

Dónde:

ρ = Densidad del aceite, g/ml.

P_1 = Peso del picnómetro vacío, en gramos.

P_2 = Peso del picnómetro con aceite, en gramos.

V = Volumen del picnómetro, ml.

2. Índice de saponificación

Método: AOAC Official Method 920.160, Saponification Number (Koettstorfer Number) of Oils and Fats. Titrimetric Method.

2.1 Preparación de la solución alcohólica de hidróxido de potasio:

Se adiciono 1.2 litros de alcohol al 95% con 10 gramos de KOH y 6 gramos de papel aluminio en un balón de 2 litros, se sometió a reflujo por 30 minutos utilizando un condensador de reflujo, después de este tiempo se procedió a destilar descartando los primeros 50 ml de destilado, posteriormente se recolecto 1 litro de destilado. Se disolvió 40 gramos de KOH en el litro de alcohol destilado, manteniendo la temperatura <15 °C mientras se disolvía el hidróxido. Se guardó la solución en un recipiente con tapón de vidrio.

2.2 Determinación del índice de saponificación:

- Se pesó 5 g de aceite en un balón de destilación y se adicionaron 50 ml de solución alcohólica de hidróxido de potasio.
- Se conectó el balón a un condensador de reflujo y se calentó a ebullición agitando con ayuda de un agitador magnético (cerca de 30 minutos) hasta que el aceite fue saponificado completamente.
- Se dejó enfriar la muestra a temperatura ambiente.
- Se desconectó el condensador y se le adicionaron 3 gotas de fenolftaleína, posteriormente se tituló con ácido clorhídrico 0.5 N, hasta que el color rosado desapareció.
- Se sometió el blanco (solución alcohólica, sin aceite) al mismo procedimiento.
- Se determinó el número de saponificación utilizando la siguiente ecuación:

$$I_s = 28.05 \times \frac{(B - S)}{G} \quad \text{Ecuación A.2}$$

Dónde:

I_s = Índice de saponificación del aceite, mg de KOH/g de aceite.

B = Volumen de HCl gastado en la valoración del blanco, ml.

S = Volumen de HCl gastado en la valoración de la muestra, ml.

G = Peso de la muestra, en gramos.

3. Materia insaponificable

Method: AOAC Official Method 972.28, Fatty Acids (Total) and Unsaponifiable Matter in Oils and Fats. Hexane Distillation.

Procedimiento:

- Se pesaron 2.5 g de aceite y se le adicionaron a un balón de destilación de 500 ml.
- Se agregaron al balón con la muestra 50 ml de etanol 95% y 3ml de solución de KOH al 50%.
- Se agregó un agitador magnético dentro del balón y se procedió a tapar el balón utilizando un vidrio reloj.
- Se colocó el balón en una plancha calefactora, donde la solución se sometió a calentamiento en un rango de temperatura entre 80 °C y 85 °C, durante 30 minutos.

- e. Se dejó enfriar la solución durante 10 minutos, posteriormente se adicionaron 50 ml de etanol y 50 ml de agua, se procedió a calentar a la misma temperatura por un tiempo de 10 minutos, tapando el balón con ayuda de un vidrio reloj.
- f. Se adiciono 100 ml de hexano a la solución preparada, inmediatamente se conectó el condensador de reflujo.
- g. Se sometió a agitar y calentar a una temperatura aproximada de 80° C durante un tiempo de 2 horas.
- h. Se dejó enfriar por 10 minutos, la solución se transfirió a un embudo de separación.
- i. Se lavó el balón que contenía la solución con 10 ml de hexano, transfiriendo el resultado del lavado al embudo de separación.
- j. La solución resultante se dejó reposar hasta que aparecieron dos capas bien definidas y se procedió a drenar la capa inferior. La capa superior (hexano) se transfirió a un segundo embudo de separación que contenía inicialmente 20 ml de agua destilada.
- k. Se lavó el embudo que contenía la capa de hexano con 10 ml de hexano, el lavado se transfirió al segundo embudo.
- l. Se dejó reposar la solución contenida en el segundo embudo por 10 minutos, luego se procedió a separar la solución acuosa, seguidamente la solución de hexano se transfirió a un tercer embudo.
- m. Se lavó con 50 ml de hexano el segundo embudo que contenía la solución y se vertió el lavado al tercer embudo.
- n. Se agito suavemente el embudo con la solución y se dejó reposar, posteriormente se dreno la capa inferior, esto correspondió al segundo lavado.
- o. El tercer lavado se procedió de la misma manera, se adicionaron 50 ml de hexano al embudo con la solución, se agito suavemente y se dejó reposar hasta que aparecieron las dos capas.
- p. Se procedió a drenar la capa inferior (acuosa). La solución de hexano fue sometida a 2 lavados utilizando 20 ml de agua destilada para cada lavado.

- q. Se agito vigorosamente posteriormente se dejó reposar y se procedió a drenar la capa acuosa.
- r. La solución de hexano se lavó tres veces con solución de KOH 0.5 M, utilizando 20 ml para cada lavado, alternando con 20 ml de agua y agitando vigorosamente, posteriormente se dejó reposar y se dreno la capa acuosa.
- s. Después de realizar el último lavado de la solución con KOH, se procedió a realizar lavados con agua destilada, utilizando 20 ml para cada lavado hasta que se logró obtener un pH cercano al neutro.
- t. La solución de hexano se transfirió a un balón. El embudo que contenía la solución es lavado con 10 ml de hexano, el lavado se transfirió al balón con la solución y este se sometió a evaporación hasta un volumen no menos de 10 ml.
- u. La solución (10 ml) se transfirió a un beaker de 50 ml y se sometió a evaporación. Cuando casi se había evaporado toda la solución se adicionaron 3 ml de acetona seguidamente se calentó hasta que se formó un residuo con consistencia sólida.
- v. El beaker con el residuo se introdujo al horno a una temperatura de 105⁰ C, por 30 minutos posteriormente se dejó enfriar y se pesó, se introdujo nuevamente al horno hasta que se obtuvo un peso constante.
- w. Se adicionaron al beaker con el residuo una vez pesado 2 ml de hexano y 10 ml de fenolftaleína, posteriormente se tituló con solución de KOH 0.1 M.
- x. Se calculó el porcentaje de materia insaponificable utilizando la ecuación:

1 ml de KOH 0.1 M = 0.0282 gramos de ácido oleico.

$$m_2 = 0.0282 \times V \quad \text{Ecuación A. 3}$$

$$\%MI = \frac{(m_3 - m_2 - m_1)}{m_0} \times 100 \quad \text{Ecuación A. 4}$$

Dónde:

m_2 = Masa de ácidos grasos como ácido oleico en el extracto, en gramos.

V = Volumen de KOH 0.1M gastados en la titulación, ml.

m_3 = Masa del residuo después de sacarlo del horno, en gramos.

m_0 = Masa de la muestra de aceite, en gramos.

m_1 = Masa del blanco, en gramos.

B. Procedimiento empleado para la elaboración de jabón base de tocador a escala experimental

Materiales y equipos necesarios:

- ✓ Beaker 200 mL.
- ✓ Beaker 2000 mL.
- ✓ Agitador digital con calefacción.
- ✓ Agitador de varilla para laboratorio para trabajos de agitación con regulador de las revoluciones por minuto.
- ✓ Soporte universal con aro.
- ✓ Termómetro.
- ✓ pH Metro digital.
- ✓ Embudos de separación de 500 mL.
- ✓ Caja de madera con moldes o moldes plásticos.
- ✓ Equipo de filtración al vacío.
- ✓ Toallas Nevax absorbentes.
- ✓ Papel toalla.
- ✓ Horno.
- ✓ Balanza analítica.

Reactivos necesarios:

- ✓ NaCl grado reactivo.
- ✓ NaOH grado reactivo o en perlas.
- ✓ Aceite de ajonjolí filtrado y desgomado.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Ácido esteárico o ácido cítrico grado reactivo.

Procedimiento:

1. Pesar el aceite (en gramos). Los lotes pueden ser de 100 gramos aproximadamente.
2. Calcular la cantidad de NaOH en gramos requerido para saponificar la cantidad en gramos del aceite pesado. El cálculo se realiza tomando en cuenta la siguiente formula:

$$NaOH_{requerido} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000}$$

Ecuación B.1

Dónde:

I_s = Índice de saponificación del aceite.

m_{ac} = masa del aceite en gramos.

3. Determinar los gramos de solución de NaOH formados en base al porcentaje del NaOH deseado para realizar la saponificación del aceite.
4. Realizar el proceso de saponificación, se proponen los siguientes pasos:
 - a) Encender la plancha calefactora digital.

- b) Sobre la plancha se coloca un beaker de 2000 mL con agua.
 - c) Regular la temperatura de la plancha y medir con un termómetro la temperatura del agua, hasta que esta alcance la temperatura deseada.
 - d) Con ayuda de un soporte universal y una pinza, se introduce en el agua que tiene una temperatura controlada, un beaker de 200 mL.
 - e) Adicionar al beaker de 200 mL el aceite previamente pesado.
 - f) Medir la temperatura del aceite y esperar a que esta alcance la temperatura del agua.
 - g) Someter a agitación baja al aceite cuando se haya alcanzado la temperatura.
 - h) Adicionar al aceite calentado a la temperatura deseada, poco a poco, la solución de NaOH. Se recomienda no agregar toda la solución de NaOH desde el inicio, para mejorar aún más el proceso de saponificación del aceite.
 - i) Mantener en agitación constante a la mezcla, regulando las revoluciones por minuto, con el objetivo de favorecer el proceso de saponificación y disminuir el tiempo en que se forme el jabón.
5. Una vez finalizado el proceso de saponificación, se procede al sangrado del jabón. El sangrado consiste en preparar una solución concentrada de NaCl y adicionarla a la mezcla de jabón, glicerina y lejía. Durante el sangrado, se debe mantener el proceso de agitado por al menos diez minutos. Este proceso facilita la separación de la lejía y la glicerina del jabón.
6. Terminado el tiempo de agitado durante el proceso de sangrado del jabón, se procede a dejar reposar la mezcla en un embudo de separación.
7. Una vez que se dá el proceso de separación, se decanta la capa inferior de la mezcla, la cual contiene lejía y glicerina.
8. A la lejía se le mide el pH y luego somete a un proceso de lavado previo con una solución concentrada de NaCl, para lavar las impurezas del jabón, también se puede agitar la mezcla o se somete a agitación moderada por un corto tiempo y luego se deja decantar de nuevo.
9. Si el pH de la lejía es demasiado alto, entonces es necesario hacer un ajuste de alcalinidad, el cual consiste en adicionar al jabón una solución al 5% de ácido esteárico o una solución de ácido cítrico.
10. Finalizado el proceso de ajuste de la alcalinidad, el jabón es sometido a un proceso de lavado final, con la solución concentrada de NaCl, para eliminar residuos de ácidos en el jabón o cualquier otra impureza.

11. Cuando termina el proceso de lavado final, la mezcla del jabón se deja decantar y cuando las dos fases aparecen, se decanta la fase inferior de la mezcla y la fase sólida se filtra, utilizando el equipo de filtrado.
12. Lo que nos queda del proceso de filtrado, es decir, la masa de jabón, se ponen en los moldes previamente codificados y se someten al proceso de secado durante 36 horas a 60°C.
13. Terminado el proceso de secado, el jabón se saca del molde y se pesa, para determinar el rendimiento real del mismo.

C. Pruebas preliminares realizadas para la elaboración de jabón líquido natural

Durante la fase exploratoria del proceso se realizaron pruebas preliminares para la elaboración de jabón base líquido natural, los procedimientos empleados fueron los mismos que se utilizaron en el diseño de experimento.

Estas pruebas revelaron información importante sobre algunas consideraciones a tomar en cuenta en el proceso de elaboración de jabón líquido, a continuación se presentan dichas observaciones:

- Calidad del aceite.
- Agitación
- Lavado del jabón base con solución salina de cloruro de sodio.

• Calidad del aceite

El aceite utilizado no estaba bien filtrado, además carecía de una caracterización fisicoquímica, por lo que se decidió filtrar y determinar el índice de saponificación, a continuación se presenta en la siguiente tabla el índice de saponificación determinado para el aceite filtrado.

Tabla C1. Resultados obtenidos para el índice de saponificación del aceite de sésamo filtrado

Muestra	Índice de saponificación (mg KOH/g aceite)
1	213.2
2	216.5
3	212.3
Promedio	214

Fuente: Elaboración propia.

Con el índice de saponificación promedio se procedió a calcular la cantidad de álcalis por peso de aceite a utilizar, seguidamente se efectuó el proceso de saponificación con agitación periódica, durante el proceso se pudo observar que la reacción procedía de forma lenta, por lo que se indagó sobre las posibles causas encontrando entre una de ellas la presencia de un exceso de goma en el aceite, por lo cual se decidió desgomar el aceite y determinar su índice de saponificación entre otras propiedades que se presentan más adelante, el procedimiento para el desgomado del aceite se presenta más adelante.

Se procedió a realizar la saponificación del aceite desgomado, logrando visualizar que la reacción se efectuaba de forma más rápida que como se efectuaba anteriormente (sin desgomar el aceite), motivo por el cual se decidió utilizar el aceite desgomado en los dos procesos (Jabón líquido y jabón base) presentados en esta investigación. En las siguientes figuras se muestran las

imágenes del jabón líquido obtenido a partir de aceite desgomado y aceite sin desgomar.

Figura C1. Jabón líquido obtenido a partir de aceite desgomado

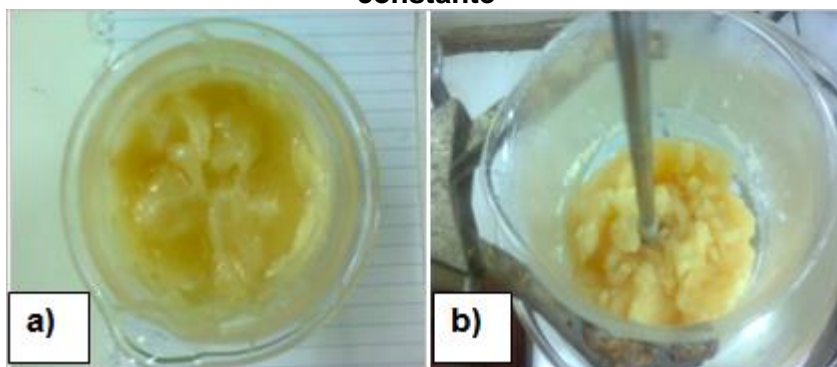


Figura C2. Jabón líquido obtenido a partir de aceite sin desgomar



- a) Agitación:** la agitación en el proceso de saponificación constituye un factor importante para que la reacción se efectúe correctamente. Se realizaron ensayos de saponificación con agitación periódica y agitación constante lográndose obtener mejores resultados para la agitación constante, debido a que el tiempo de saponificación se reduce además permite que la glicerina formado reaccione con el álcalis libre, de manera que la cantidad de glicerina formada para el proceso con agitación constante es menor, por lo cual se realizó el proceso de saponificación para los dos jabones con agitación constante. En la Figura C3, se muestran imágenes del jabón base obtenida con agitación periódica y con agitación constante durante el proceso de saponificación.

Figura C3. Jabón base obtenido: a) con agitación periódica, b) con agitación constante



b) Lavado del jabón base con solución salina de cloruro de sodio: se realizó los lavados de los jabones bases obtenidos en las pruebas de saponificación con aceite desgomado y aceite filtrado utilizando solución de cloruro de sodio al 20%, para eliminar los álcalis libres e impurezas en el jabón. El volumen a utilizar de solución salina para cada lavado fue de 150 ml, los lavados se detuvieron hasta obtener un pH contante en las soluciones acuosas, en la Figura C4, se muestra una imagen de jabón base a partir de aceite desgomado a cual se le realizo lavado con cloruro sodio al 20 %.

Figura C4. Jabón base lavado con solución salina



Al terminar los lavado se logró observar que los jabones base se granularon por el efecto de granulación del cloruro de sodio, al efectuar la dilución de los jabones se observó que los jabones líquidos obtenidos presentaban ciertos gránulos dispersos de manera que el jabón líquido obtenido presentaba una apariencia visual desagradable. Se realizó la elaboración de jabón líquido sin efectuar el lavado con solución salina, para este caso la glicerina formada en el proceso fue separada del jabón por decantación obteniéndose un jabón líquido

de mejor apariencia que el obtenido efectuando lavados con solución salinas. En la siguientes figuras se muestran imágenes de jabones bases lavados con solución de cloruro de sodio.

Figura C5. Jabones base a partir de aceite desgomado



Figura C6. Jabón base obtenido con aceite sin desgomar



D. Procedimiento realizado para el proceso de desgomado del aceite de sésamo

El procedimiento efectuado para el desgomado del aceite fue el siguiente:

- Se pesó la cantidad de aceite a desgomar, seguidamente se filtró utilizando papel filtro con ayuda de una bomba de vacío.
- Se preparó una solución de ácido cítrico al 10 %.
- Una vez filtrado el aceite se agregó a un matraz de 2000 ml, posteriormente se le adiciono un volumen de solución de ácido cítrico al 10% por cada tres volúmenes de aceite (1:3), seguidamente se procedió a agitar a una velocidad de 800 rpm con ayuda de un agitador mecánico por un tiempo de una hora. En la siguiente figura (Figura D1) se muestra una imagen donde se está realizando el mezclado entre el aceite y la solución de ácido cítrico, se puede ver cómo la mezcla va adquiriendo una apariencia bastante viscosa.

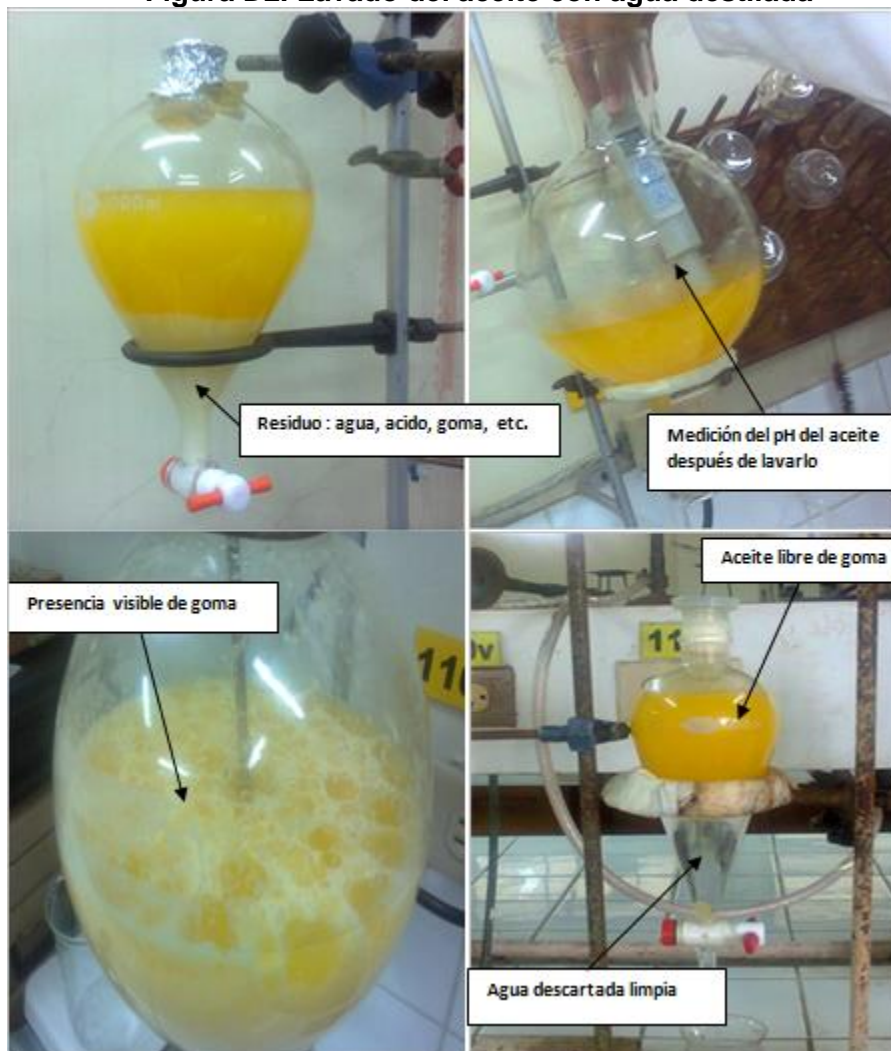
Figura D1. Mezcla de aceite con solución de ácido cítrico



- Después de una hora de agitación constante se trasladó la mezcla a embudos de separación para realizar lavados con agua destilada a la

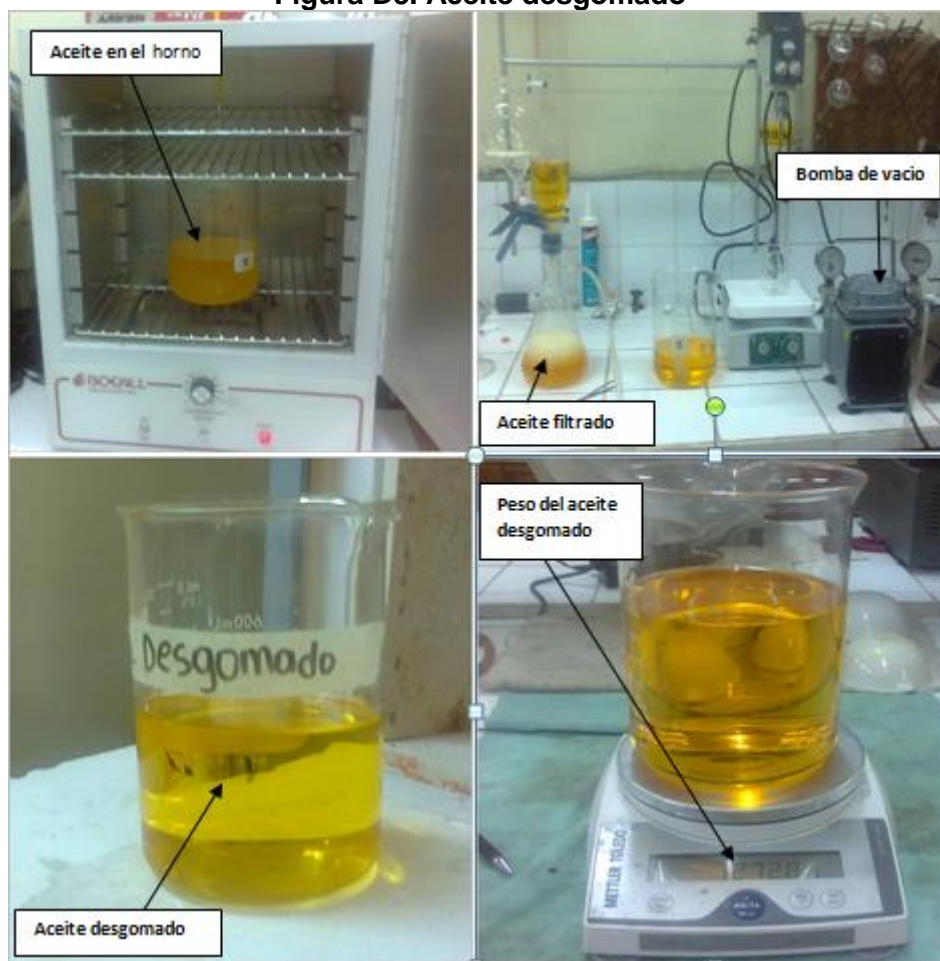
mezcla para separar la solución de ácido con residuos de goma, se efectuaron 6 lavados hasta constatar que el pH del aceite fuera constante y la solución descartada no presentara residuos de goma, la cantidad de volumen de agua destilada para el lavado fue proporcional mezcla de aceite con solución ácida (1:1), en la siguientes figuras se presentan imágenes del lavado del aceite.

Figura D2. Lavado del aceite con agua destilada



- e. Después de realizar los lavados se ingresó el aceite en un horno de aire a una temperatura de 65 °C por un tiempo de 16 horas con el objetivo de eliminar la humedad que pudo quedar en el aceite por efecto de los lavados, después de este tiempo dentro del horno, el aceite se procedió a filtrar utilizando papel filtro con ayuda de una bomba de vacío en la Figura D3 se presenta una imagen del aceite desgomado.

Figura D3. Aceite desgomado



En la siguiente tabla se muestra un balance de masa del proceso desgomado del aceite de sésamo.

Tabla D1. Balance de masa en el proceso de desgomado

Materia	Masa (g)
Aceite sin filtrar	4610
Aceite filtrado	4599.7
Aceite desgomado	3503.6
Gomas	1096.11

Fuente: Elaboración propia.

Según la información obtenida en el proceso el aceite de sésamo contiene aproximadamente 24% de gomas.

E. Descripción del proceso: Elaboración de jabón líquido natural.

Materiales y equipos:

- ✓ Beaker de 200 ml
- ✓ Beaker de 1000 ml
- ✓ Plancha calefactora digital
- ✓ Motor de agitación con regulación de las rpm
- ✓ Soporte universal
- ✓ Termómetro
- ✓ pH- metro
- ✓ Embudo de separación
- ✓ Recipientes de plasticos para guardar los jabones líquidos
- ✓ Magnetos
- ✓ Vidrio reloj
- ✓ Espátula
- ✓ Balanza analítica

Reactivos y materia prima:

- ✓ Hidróxido de potasio
- ✓ Aceite desgomado
- ✓ Agua destilada

Procedimiento:

- a. Se pesa la cantidad de aceite a utilizar para cada experimento. Se tomaron como base 100 ml de aceite para todos los experimentos, presentando una densidad promedio de 922 kg/m^3 , lo que equivale a una masa de 92.2 gramos de aceite.
- b. Con el índice de saponificación del aceite y la masa de aceite a utilizar se determina la cantidad de álcalis (KOH), a utilizar más un 5%, utilizando la siguientes formulas:

$$I_s = 232,32 \frac{\text{mg KOH}}{\text{g de aceite}} \quad \text{Ecuación E. 1}$$

$$\text{gramos de KOH, 5\% exceso} = (I_s \times M) \times \frac{1}{1000} \times 1.05 \quad \text{Ecuación E. 2}$$

Dónde:

I_s = Índice de saponificación del aceite de sésamo

M = Masa de aceite a utilizar, gramos

Aplicando la ecuación E. 2. los gramos de KOH =

$$\left(232,32 \text{ mg KOH} / \text{g de aceite} \times 92.2 \text{ g de aceite} \right) \times 1 \text{ g} / 1000 \text{ mg} \times 1.05$$

gramos de KOH, 5% exceso = 22.5 g.

- c. Pesar la masa de KOH, la cual será la misma para cada uno de los experimento a realizar.
- d. Determinar la cantidad de agua de dilución para cada porcentaje de hidróxido a utilizar según los experimentos , utilizando la siguiente formula:

$$M_{\text{agua}} = \frac{\text{g de KOH} - \text{g de KOH} \times \left(\frac{\% \text{ KOH}}{100} \right)}{\left(\frac{\% \text{ KOH}}{100} \right)} \quad \text{Ecuación E. 3}$$

Dónde:

M_{agua} = Masa de agua

$\% \text{ KOH}$ = Porcentaje de hidróxido

- e. Pesar la cantidad de agua de dilución requerida para cada porcentaje de hidróxido.
- f. Preparar la solución de hidróxido.

g. Proceso de saponificación:

1. Conectar y encender la plancha calefactora.
2. Tomar un Beaker de 1000 ml llenarlo con agua y ubicarlo encima de la plancha.
3. Pesar el aceite en un Beaker de 200 ml, posteriormente ubicarlo con ayuda de soportes dentro del Beaker de 1000 ml.
4. Montar el agitador mecánico con ayuda de soportes, la propela debe quedar bien centrada dentro del Beaker que contiene el aceite.
5. Controlar la temperatura del baño con el dispositivo regulador de temperatura de la plancha y utilizando un termómetro para medir la temperatura del baño, hasta lograr la temperatura deseada, una vez que el aceite alcance la temperatura de operación se procede adicionar la

solución de hidróxido y a encender el agitador mecánico, desde este momento, se da por iniciado el proceso de saponificación.

6. Observar constantemente el proceso, a medida que la reacción transcurre la mezcla va adquiriendo una apariencia bastante viscosa, si el agitador realiza un efecto pobre de mezclado aumentar la velocidad de agitación.
7. Controlar la temperatura de operación.
8. El proceso se detiene después de 3 horas o antes, si la mezcla formada crea una masa pastosa en la que el agitador no ocasiona ningún efecto de mezcla, si al finalizar este tiempo se observa que se formaron dos fases (Glicerina + jabón), se procede a decantar la solución acuosa, logrando así obtener el jabón base.

h. **Dilución :**

1. Terminado el proceso de saponificación, se procede a realizar la dilución del jabón base.
2. Pesar la cantidad de jabón base según los niveles seleccionas en diseño de experimento para cada porcentaje de dilución, la masa de agua se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$M_{agua} = \frac{M \text{ de jabon} - M \text{ de jabon} \times \left(\frac{\% \text{ jabon}}{100} \right)}{\left(\frac{\% \text{ Jabon}}{100} \right)} \quad \text{Ecuación E. 4}$$

Dónde:

M_{agua} = Masa de agua, gramos.

$\% \text{ Jabón}$ = Porcentaje de jabón.

$M \text{ de jabón}$ = Masa de jabón, gramos.

3. Pesar la masa de agua y añadirla a un Beaker de 1000 mL.
4. Colocar el Beaker con agua encima de la plancha calefactora y regular la temperatura con ayuda de un termómetro hasta que el agua alcance 80 °C.
5. Cuando el agua alcanza la temperatura deseada, adicionar lentamente la masa de jabón al Beaker, agregar un agitador magnético y se procede agitar continuamente a temperatura constante hasta que el jabón se disuelva por completo.
6. Terminado la dilución, se deja enfriar el jabón líquido hasta temperatura ambiente, seguidamente se realiza el envasado en recipientes de plásticos.

F. Figuras que muestran imágenes del proceso de elaboración de jabón base líquido natural

En las siguientes figuras se muestran imágenes del proceso de elaboración de jabón líquido natural:

Figura F1. Pesaje del aceite



Figura F2. Montaje de los equipos

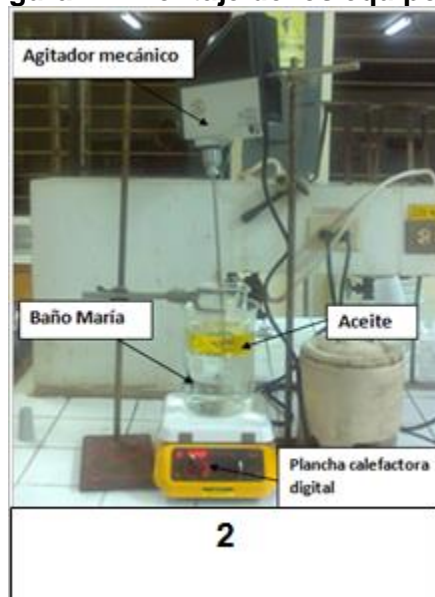


Figura F3. Adición del álcali

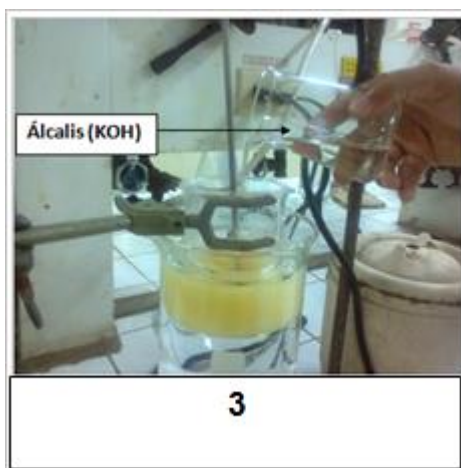


Figura F4. Formación de una mezcla viscosa



Figura F5. Finalización del proceso de saponificación



Figura F6. Jabón base.

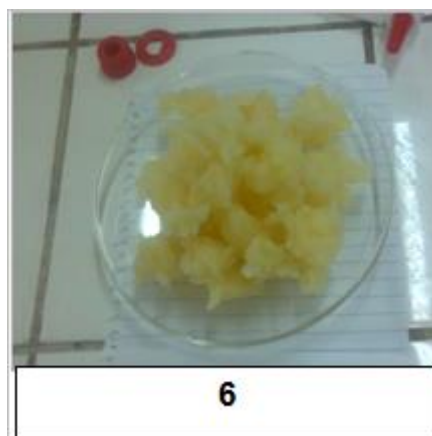
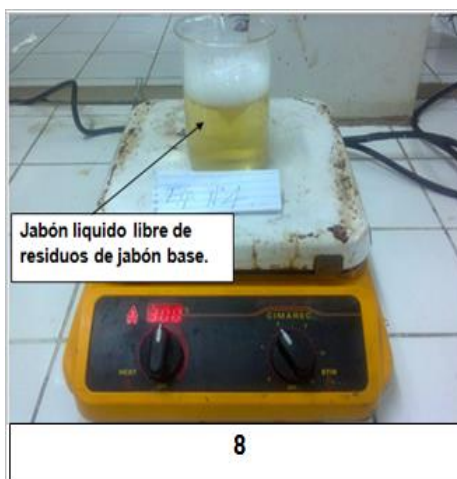


Figura F7. Dilución del Jabón Base.



Figura F8. Jabón líquido.



G. Análisis químico de los jabones

1. Humedad y material volátil (Norma Nicaragüense para jabones N° 5695 – MEIC)

El procedimiento es el siguiente:

- Se pesa una muestra de 5 g de jabón y se coloca en un plato limpio y seco, previamente pesado.
- Se seca en un horno de aire a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 1 hora.
- Se deja enfriar a temperatura ambiente en un desecador y se pesa nuevamente.
- Se repite de nuevo el procedimiento hasta obtener peso constante, el cual se logra cuando en periodos sucesivos de calentamiento, de 1 hora muestran una pérdida de peso no mayor al 0,1 %.
- El porcentaje de humedad se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$\%H = \frac{(P_1 - P_2)}{(P_1 - P_0)} \times 100 \quad \text{Ecuación F. 1}$$

Dónde:

% H = Porcentaje de humedad.

P_1 = Peso del jabón más la capsula antes del secado, en gramos.

P_2 = Peso del jabón más la capsula después del secado, en gramos.

P_0 = Peso de la capsula vacía, en gramos.

2. Materia total insoluble en alcohol (Norma Nicaragüense para jabones N° 5695 – MEIC)

2.1 Preparación del alcohol neutro:

Adicionar 1000 ml de alcohol etílico al 95% en un balón de 2000 ml, agregar de 3 a 5 gotas de solución de fenolftaleína, conectar un condensador reflujo y dejar ebulir, posteriormente se neutraliza con solución de hidróxido de sodio 0.1N a 0.2N hasta lograr un color rosado pálido.

Procedimiento:

- Someter a digestión entre $2\text{ g} \pm 0,01\text{ g}$ y $10\text{ g} \pm 0,01\text{ g}$ de la muestra con 200 ml de alcohol recién hervido, en un vaso cubierto con un vidrio de reloj.
- Calentar el conjunto en un baño de vapor o en un baño de agua, hasta alcanzar una ebullición incipiente, agitando frecuentemente, hasta que la muestra se disuelva.

- c. Filtrar, con ayuda de vacío, pasando la muestra por un papel de filtro pesado previamente, neutro a la fenolftaleína, reteniendo en el vaso de precipitados tanto residuo como sea posible. También se puede filtrar a través de un crisol de *Gooch* pesado previamente, con succión, protegiendo la solución del dióxido de carbono y otros vapores ácidos durante la operación, cubriendo con un vidrio de reloj.
- d. Se lava el residuo en el papel o en el crisol con etanol neutro caliente, para remover toda la materia soluble en alcohol, hasta que quede libre de jabón.
- e. Reservar el filtrado y el lavado para la determinación de la alcalinidad libre.
- f. Secar el papel de filtro o el crisol con el residuo a una temperatura entre 100 °C y 105 °C durante 3 h.
- g. dejar enfriar y pesar el filtro.
- h. Calcular la materia total insoluble en alcohol utilizando la ecuación:

$$MI = \frac{M \times 100}{P}$$

Ecuación F. 2

Dónde:

MI = Materia total insoluble en alcohol, en porcentaje

M = Masa del residuo seco en el papel filtro, en gramos

P = Masa de la muestra inicial, en gramos.

3. Alcalinidad libre como % NaOH y acides libre como % ácido oleico (Norma Nicaragüense para jabones N° 5695 – MEIC)

El procedimiento es el siguiente:

- a. Se calienta el filtrado reservado de la determinación de materia insoluble en alcohol hasta ebullición incipiente.
- b. Se le adicionan 0.5 ml de solución de fenolftaleína al 1% si la muestra torna un color rosado se titula con HCl 0.1 N de lo contrario se titula con NaOH 0.1 N. Registrar el volumen gastado en la valoración.
- c. La alcalinidad libre y acides libre se determina utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\%NaOH = \frac{V \times f \times 4}{P}$$

Ecuación F. 3

$$\% \text{Acido oleico} = \frac{V \times f \times 28.24}{P}$$

Ecuación F. 4

Dónde:

% NaOH = Alcalinidad libre como hidróxido de sodio, en porcentaje.

V = Volumen de solución consumidos en la valoración, en mL.

f = Factor de solución 0.1, en Normalidad.

P= Peso de la muestra inicial, en gramos.

H. BITÁCORA DE LAS CORRIDAS REALIZADAS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL JABÓN BASE DE TOCADOR A NIVEL EXPERIMENTAL

Experimento No. 1

Fecha: 10/07/13

Std Order: 1; Run Order: 1; T = 75°C; Is = 165.327; %NaOH: 25

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 102.529 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$NaOH_{requerido} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 165.327 * 102.529 * \frac{1}{1000} = 16.95 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 25%

$$g_{NaOH,25\%} = \frac{16.95 * 100}{25} = 67.8 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 25%

$$g_{NaOH,25\%} - NaOH_{requerido} = 67.8 - 16.95 = 50.85 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 75°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, le mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH, 25%	RPM (motor)
5:15 PM	10	500
5:33 PM	15	650
5:48 PM	10	650
6:00 PM	15	650
6:17 PM	17.8	650

Observación: el proceso de saponificación finalizó a las 7:10, ya que a esta hora el jabón presentaba una alta viscosidad, lo que dificultaba el proceso de agitado.

6. Proceso de sangrado del jabón

- a) El proceso de sangrado se inició al adicionarse 160 mL de solución de NaCl al 15%, manteniéndose la temperatura a 75°C y a agitación constante durante 10 minutos.

7. Ajuste de alcalinidad

Consiste en bajar el pH de la lejía usando en este caso una solución de NaCl al 15% en combinación con una solución de ácido esteárico al 15%.

No Lavados	mL NaCl, 15%	mL Ac. esteárico	pH lejía
			12.5
1	150		11.67
2	150		11.07
3		150	9.67

Observaciones: para bajar la alcalinidad es recomendable combinar la solución de NaCl con la solución ácida, porque la solución salina ayuda a separar la lejía del jabón, en cambio la solución ácida, dificulta el proceso de separación.

8. Proceso de secado

Después de hacer el ajuste de alcalinidad al jabón, este se filtró y se sometió a calentamiento constante por 36 horas a una temperatura de 60 °C.

Experimento No. 2

Fecha: 12/07/13

Std Order: 9; Run Order: 2; T = 85°C; Is = 165.327; %NaOH: 30

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100.0036 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$\begin{aligned} \text{NaOH}_{\text{requerido}} &= I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 165.327 * 100.0036 * \frac{1}{1000} \\ &= 16.53 \text{ g} \end{aligned}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 30%

$$g_{NaOH,30\%} = \frac{16.53 * 100}{30} = 55.1 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 30%

$$g_{NaOH,30\%} - NaOH_{requerido} = 55.1 - 16.53 = 38.57 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 85°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,30%	RPM (motor)
3:30 PM	15	400
3:50 PM	10	500
4:00 PM	10	650
4:16 PM	10	800
5:00 PM	10.11	1050

Observaciones: a los cinco minutos de agregado los últimos mL de NaOH al 30% (5:05 pm), la masa del jabón se volvió muy viscosa para continuar con el proceso de mezclado.

6. Proceso de sangrado del jabón

- El proceso de sangrado se inició al adicionarse 160 mL de solución de NaCl al 15%, manteniéndose la temperatura a 85°C y a agitación constante durante 10 minutos.

7. Ajuste de alcalinidad

Consiste en bajar el pH de la lejía usando en este caso una solución de NaCl al 15% en combinación con una solución de ácido esteárico al 15%.

No Lavados	mL NaCl, 15%	mL Ac. Esteárico, 15%	pH lejía
			13.1
1	150	100	11.67
2	150	100	10.6
3	150		8.3

Observaciones: para bajar la alcalinidad es recomendable combinar la solución de NaCl con la solución ácida, porque la solución salina ayuda a separar la lejía del jabón, en cambio la solución ácida, dificulta el proceso de separación.

8. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

9. Proceso de secado del jabón

Después de hacer el ajuste de alcalinidad al jabón, este se filtró y se sometió a calentamiento constante por 36 horas a una temperatura de 60 °C.

Experimento No. 3

Fecha: 24/07/13

Std Order: 12; Run Order: 3; T = 85°C; Is = 173.593; %NaOH: 35

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 101.0858 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$\text{NaOH}_{\text{requerido}} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 173.593 * 101.0858 * \frac{1}{1000} = 17.54 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 35%

$$g_{\text{NaOH}, 35\%} = \frac{17.54 * 100}{35} = 50.11 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 35%

$$g_{\text{NaOH}, 35\%} - \text{NaOH}_{\text{requerido}} = 50.11 - 17.54 = 32.57 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 85°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH, 35%	RPM (motor)
11:14 PM	10	400
11:24 PM	10	500
11:34 PM	10	650
11:45 PM	10	650
11:54 PM	10.14	800

6. Proceso de sangrado del jabón

A las 1 y 30 pm, el jabón presentaba una estructura consistente, dura, por lo que se procedió al proceso de sangrado, agregándole 160 mL de sol de NaCl al 20%.

7. Ajuste de alcalinidad

Consiste en bajar el pH de la lejía usando en este caso una solución de NaCl al 15% en combinación con una solución de ácido esteárico al 15%.

No Lavados	mL NaCl, 20%	mL Ac. Esteárico, 20%	pH lejía
			12.36
1	100	100	12.23
2		100	12.08

Observaciones: el pH de la lejía no descendió mucho, por lo que se pasó al proceso de lavado.

8. Proceso de lavado

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

No Lavados	mL NaCl,20%	pH sol lavado
1	150	11.8
2	200	11.38
3	200	11.06

9. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

10. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 4

Fecha: 24/07/13

Std Order: 11; Run Order: 4; T = 85°C; Is = 165.327; %NaOH: 35

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100.736 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$\text{NaOH}_{\text{requerido}} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 165.327 * 100.736 * \frac{1}{1000} = 16.65 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 35%

$$g_{\text{NaOH},35\%} = \frac{16.65 * 100}{35} = 47.57 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 35%

$$g_{\text{NaOH},35\%} - \text{NaOH}_{\text{requerido}} = 47.57 - 16.65 = 30.92 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 85°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar

las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,35%	RPM (motor)
2:47 PM	10	500
3:08 PM	10	650
3:18 PM	10	650
3:33 PM	10	650
3:43 PM	7.92	800

Observaciones: a las 4 y 37 el jabón presentaba una alta consistencia viscosa, lo que dificultaba el proceso de mezclado.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionan 150 mL de NaCl al 20% por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado. El proceso de sangrado inició a las 4:37 y finalizó a las 4:47. Posteriormente, la mezcla se trasladó al embudo de separación.

7. Ajuste de alcalinidad

Consiste en bajar el pH de la lejía usando en este caso una solución de NaCl al 20% en combinación con una solución de ácido esteárico al 20%.

No Lavados	mL NaCl, 20%	mL Ac. Esteárico,20%	pH lejía
			12.52
1		100	11.63
2	50	100	11.13
3	50	150	10.84

Observaciones: la idea es adicionar solo el ácido, pero no se puede porque durante la agitación se forma espuma y dificulta el proceso de separación.

8. Proceso de lavado

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
150	10.44
200	10.02
200	9.97

9. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

10. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 5

Fecha: 24/07/13

StdOrder: 10; RunOrder: 5; T = 85°C; Is = 173.593; %NaOH: 30

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$NaOH_{requerido} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 173.593 * 100 * \frac{1}{1000} = 17.359 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 30%

$$g_{NaOH,30\%} = \frac{17.359 * 100}{30} = 57.86 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 30%

$$g_{NaOH,30\%} - NaOH_{requerido} = 57.86 - 17.359 = 40.50 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 85°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,30%	RPM (motor)
5:50 PM	10	500
6:00 PM	10	650
6:11 PM	10	650
6:21 PM	10	650
6:31 PM	17.86	800

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 7 y 6 pm, ya que la mezcla presentaba una alta viscosidad, lo que dificultaba el proceso de agitado.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionan 100 mL de NaCl al 20% por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 12.49. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
100	12.14

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido esteárico al 10% y solución de NaCl al 20%.

No Lavados	mL NaCl, 20%	mL Ac. Esteárico,10%	pH lejía
			12.14
1	50	100	11.55
2	50	50	9.68

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
50	9.56
50	9.37

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 6

Fecha: 24/07/13

StdOrder: 6; RunOrder: 3; T = 75°C; Is = 165.327; %NaOH: 30

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$\text{NaOH}_{\text{requerido}} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 165.327 * 100 * \frac{1}{1000} = 16.53 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 30%

$$g_{\text{NaOH},30\%} = \frac{16.53 * 100}{30} = 55.10 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 30%

$$g_{\text{NaOH},30\%} - \text{NaOH}_{\text{requerido}} = 55.10 - 16.53 = 38.57 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 75°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,30%	RPM (motor)
7:47 PM	10	500
7:58 PM	10	650
8:08 PM	10	800
8:18 PM	10	1050
8:28 PM	15.10	1050

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 8:58 pm, ya que la mezcla presentaba una alta viscosidad, lo que dificultaba el proceso de agitado a 1050 RPM.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 100 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 12.68. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
100	12.09

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido esteárico al 10% y solución de NaCl al 20%.

No Lavados	mL NaCl, 20%	mL Ac. Esteárico,10%	pH lejía
			12.09
1	50	100	11.48
2	50	50	11.15
3		50	10.80

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
50	10.16
50	9.55

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 7

Fecha: 28/07/13

StdOrder: 18; RunOrder: 7; T = 95°C; $I_s = 173.593$; %NaOH: 35

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 101.18 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$NaOH_{requerido} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 173.593 * 101.18 * \frac{1}{1000} = 17.56 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 35%

$$g_{NaOH,35\%} = \frac{17.56 * 100}{35} = 50.17 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 35%

$$g_{NaOH,35\%} - NaOH_{requerido} = 50.17 - 17.56 = 32.61 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 95°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,35%	RPM (motor)
1:10 PM	10	500
1:20 PM	15	650
1:30 PM	10	800
1:40 PM	15.17	800

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 2:00 pm, ya que la mezcla presentaba una alta viscosidad, lo que dificultaba el proceso de agitado a 1050 RPM.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 100 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 12.33. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
Lejía	12.33
100	12.16
100	12.13

Observaciones: a pesar de haber realizado dos lavados previos, se observa que el pH de la lejía no descendió considerablemente.

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido cítrico al 5% y solución de NaCl al 20%.

Nº Lavados	mL NaCl, 20%	mL Ac. Esteárico,10%	mL Ac. cítrico,5%	pH lejía
1		100		11.75
2			30	9.27

Observaciones:

- ✓ Se procedió a utilizar ácido cítrico debido a que ya no se contaba con ácido esteárico.

- ✓ Se observó que el ácido cítrico ayuda a bajar el grado de alcalinidad del jabón utilizando un menor volumen del mismo, en comparación con el empleado de ácido esteárico.

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
100	8.77

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 8

Fecha: 28/07/13

StdOrder: 17; RunOrder: 8; T = 95°C; Is= 165.327; %NaOH: 35

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100.59 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$NaOH_{requerido} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 165.327 * 100.59 * \frac{1}{1000} = 16.63 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 35%

$$g_{NaOH,35\%} = \frac{16.63 * 100}{35} = 47.51 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 35%

$$g_{NaOH,35\%} - NaOH_{requerido} = 47.51 - 16.63 = 30.88 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 95°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,35%	RPM (motor)
2:50 PM	15	500
3:00 PM	10	650
3:10 PM	10	800
3:20 PM	12.51	800

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 3:50 pm, ya que la mezcla presentaba una alta viscosidad, lo que dificultaba el proceso de agitado a 1050 RPM.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 100 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 12.65. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
Lejía	12.65
150	12.13
100	11.97
100	11.89

Observaciones: a pesar de haber realizado dos lavados previos, se observa que el pH de la lejía no descendió considerablemente.

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido cítrico al 5% y solución de NaCl al 20%.

Nº Lavados	mL Ac. cítrico,5%	pH lejía
1	30	9.98

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
50	9.66
50	8.96

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 9

Fecha: 28/07/13

StdOrder: 4; RunOrder: 9; T = 75°C; Is= 175.593; %NaOH: 30

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 101.50 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$NaOH_{requerido} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 175.593 * 100.50 * \frac{1}{1000} = 17.65 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 30%

$$g_{NaOH,30\%} = \frac{17.65 * 100}{30} = 58.83 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 30%

$$g_{\text{NaOH},30\%} - \text{NaOH}_{\text{requerido}} = 58.83 - 17.65 = 41.18 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 75°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,30%	RPM (motor)
5:00 PM	15	500
5:10 PM	10	650
5:20 PM	10	800
5:30 PM	10	800
5:40 PM	13.83	1050

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 6:16pm, ya que la mezcla presentaba una alta viscosidad, lo que dificultaba el proceso de agitado a 1050 RPM.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 100 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 12.58. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
Lejía	12.58
100	12.07

Observaciones: a pesar de haber realizado dos lavados previos, se observa que el pH de la lejía no descendió considerablemente.

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido cítrico al 2% y solución de NaCl al 20%.

Nº Lavados	mL NaCl,20%	mL Ac. cítrico,2%	pH lejía
1	60	50	11.82
2		50	9.61

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
50	9.60

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 10

Fecha: 28/07/13

StdOrder: 7; RunOrder: 10; T = 85°C; Is= 165.327; %NaOH: 25

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 101.3 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$NaOH_{requerido} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 165.327 * 101.3 * \frac{1}{1000} = 16.75 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 25%

$$g_{NaOH,25\%} = \frac{16.75 * 100}{25} = 67 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 25%

$$g_{\text{NaOH},25\%} - \text{NaOH}_{\text{requerido}} = 67 - 16.75 = 50.25 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 85°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,25%	RPM (motor)
8:07 PM	15	500
8:17 PM	10	650
8:27 PM	10	650
8:37 PM	10	800
8:47 PM	10	800
8:57 PM	12	1050

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 9:17 pm, ya que la mezcla presentaba una alta viscosidad, lo que dificultaba el proceso de agitado a 1050 RPM.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 100 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 12.61. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
Lejía	12.61
100	12.15

Observaciones: a pesar de haber realizado dos lavados previos, se observa que el pH de la lejía no descendió considerablemente.

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido cítrico al 2% y solución de NaCl al 20%.

Nº Lavados	mL NaCl,20%	mL Ac. cítrico,2%	pH lejía
1		100	10.79
2	50	50	8.78

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
50	8.75

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 11

Fecha: 07/08/13

StdOrder: 2; RunOrder: 11; T = 75°C; Is= 173.593; %NaOH: 25

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$\text{NaOH}_{\text{requerido}} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 173.593 * 100 * \frac{1}{1000} = 17.36 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 25%

$$g_{NaOH,25\%} = \frac{17.36 * 100}{25} = 69.44 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 25%

$$g_{NaOH,25\%} - NaOH_{requerido} = 69.44 - 17.36 = 52.08 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 75°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,25%	RPM (motor)
2:52 PM	10	400
3:02 PM	15	500
3:18 PM	10	650
3:37 PM	10	650
3:49 PM	10	800
4:00 PM	14.44	1050

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 4:16 pm, ya que la mezcla presentaba una alta viscosidad, lo que dificultaba el proceso de agitado a 1050 RPM.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 100 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 12.64.

Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
Lejía	12.64
100	11.41

Observaciones: a pesar de haber realizado dos lavados previos, se observa que el pH de la lejía no descendió considerablemente.

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido cítrico al 2% y solución de NaCl al 20%.

N _o Lavados	mL NaCl,20%	mL Ac. cítrico,2%	pH lejía
1	50	50	8.68
2		50	8.66

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
50	8.60

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 12

Fecha: 07/08/13

StdOrder: 16; RunOrder: 12; T = 95°C; I_s = 173.593; %NaOH: 30

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$\text{NaOH}_{\text{requerido}} = I_s * m_{\text{ac}} * \frac{1}{1000} = 173.593 * 100 * \frac{1}{1000} = 17.36 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 30%

$$g_{\text{NaOH},30\%} = \frac{17.36 * 100}{30} = 57.87 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 30%

$$g_{\text{NaOH},30\%} - \text{NaOH}_{\text{requerido}} = 57.87 - 17.36 = 40.51 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 95°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,30%	RPM (motor)
5:01 PM	15	400
5:18 PM	10	500
5:32 PM	15	500
5:44 PM	17.87	800

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 5:45 pm, ya que la masa de jabón se endureció y el motor no lograba agitar uniformemente a la mezcla.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 150 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 12.77. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
Lejía	12.77
100	12.56

Observaciones: a pesar de haber realizado dos lavados previos, se observa que el pH de la lejía no descendió considerablemente.

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido cítrico al 2% y solución de NaCl al 20%.

Nº Lavados	mL NaCl,20%	mL Ac. cítrico,2%	pH lejía
1		50	12.41
2	25	50	12.22
3		50	12.04
4		50	11.57

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
50	11.55

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 13

Fecha: 07/08/13

StdOrder: 14; RunOrder: 13; T = 95°C; I_s = 173.593; %NaOH: 25

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$\text{NaOH}_{\text{requerido}} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 173.593 * 100 * \frac{1}{1000} = 17.36 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 25%

$$g_{\text{NaOH},25\%} = \frac{17.36 * 100}{25} = 69.44 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 25%

$$g_{\text{NaOH},25\%} - \text{NaOH}_{\text{requerido}} = 69.44 - 17.36 = 52.08 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 95°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,25%	RPM (motor)
8:03 PM	15	400
8:13 PM	10	650
8:23 PM	10	650
8:34 PM	10	800
8:44 PM	10	800
9:04 PM	14.44	1050

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 9:06 pm, ya que la masa de jabón se comenzó a tornar en una masa de consistencia sólida.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 100 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 12.47. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón

mL NaCl,20%	pH sol lavado
Lejía	12.47
100	12.45

Observaciones: a pesar de haber realizado dos lavados previos, se observa que el pH de la lejía no descendió considerablemente.

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido cítrico al 2% y solución de NaCl al 20%.

Nº Lavados	mL NaCl,20%	mL Ac. cítrico,2%	pH lejía
1		50	12.32
2		50	12.15
3	50		12.13
4		50	11.83

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
50	11.80

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 14

Fecha: 10/08/13

StdOrder: 5; RunOrder: 14; T = 75°C; I_s = 165.327; %NaOH: 35

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$\text{NaOH}_{\text{requerido}} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 165.327 * 100 * \frac{1}{1000} = 16.53 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 35%

$$g_{\text{NaOH},35\%} = \frac{16.53 * 100}{35} = 47.24 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 35%

$$g_{\text{NaOH},35\%} - \text{NaOH}_{\text{requerido}} = 47.24 - 16.53 = 30.71 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 75°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,35%	RPM (motor)
11:35 AM	15	500
11:49 AM	10	800
12:02 PM	10	1050
12:12 PM	12.24	2000

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 12:15 pm, ya que la masa de jabón se comenzó a tornar en una masa de consistencia sólida.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 100 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 12.97. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
Lejía	12.97
100	12.57

Observaciones: a pesar de haber realizado dos lavados previos, se observa que el pH de la lejía no descendió considerablemente.

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido cítrico al 2% y solución de NaCl al 20%.

N _o Lavados	mL NaCl,20%	mL Ac. cítrico,2%	pH lejía
1	50	50	11.83
2		50	9.23

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
50	9.20

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 15

Fecha: 10/08/13

StdOrder: 6; RunOrder: 15; T = 75°C; I_s = 173.593; %NaOH: 35

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$NaOH_{requerido} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 173.593 * 100 * \frac{1}{1000} = 17.36 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 35%

$$g_{NaOH,35\%} = \frac{17.36 * 100}{35} = 49.6 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 35%

$$g_{NaOH,35\%} - NaOH_{requerido} = 49.6 - 17.36 = 32.24 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 75°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar

las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,35%	RPM (motor)
1: 55 PM	15	650
2:05 PM	10	650
2:15 PM	10	1050
2:20 PM	14.6	1650

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 2:20 pm, ya que la masa de jabón se comenzó a tornar en una masa de consistencia sólida, que dificultaba casi por completo el proceso de mezclado.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 100 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 13.04. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
Lejía	13.04
100	12.29

Observaciones: a pesar de haber realizado dos lavados previos, se observa que el pH de la lejía no descendió considerablemente.

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido cítrico al 2% y solución de NaCl al 20%.

N _o Lavados	mL NaCl,20%	mL Ac. cítrico,2%	pH lejía
1		50	11.39
2	60	50	8.77

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
50	8.70

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 16

Fecha: 10/08/13

StdOrder: 8; RunOrder: 16; T = 85°C; Is= 173.593; %NaOH: 25

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$\text{NaOH}_{\text{requerido}} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 173.593 * 100 * \frac{1}{1000} = 17.36 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 25%

$$g_{\text{NaOH},25\%} = \frac{17.36 * 100}{25} = 69.44 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 25%

$$g_{\text{NaOH},25\%} - \text{NaOH}_{\text{requerido}} = 69.44 - 17.36 = 52.08 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 85°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene,

aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,25%	RPM (motor)
3:00 PM	15	400
3:11PM	10	650
3:22 PM	10	650
3:32 PM	10	800
3:42	10	800
3:52	14.44	800

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 4:00 pm, ya que la masa de jabón se comenzó a tornar en una masa de consistencia sólida, que dificultaba casi por completo el proceso de mezclado.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 100 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 13.10. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
Lejía	13.10
100	12.22

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido cítrico al 2% y solución de NaCl al 20%.

Nº Lavados	mL NaCl,20%	mL Ac. cítrico,2%	pH lejía
1	100	100	8.71

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
50	8.70

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 17

Fecha: 10/08/13

StdOrder: 15; RunOrder: 17; T = 95°C; Is= 165.327; %NaOH: 30

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$NaOH_{requerido} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 165.327 * 100 * \frac{1}{1000} = 16.53 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 30%

$$g_{NaOH,30\%} = \frac{16.53 * 100}{30} = 55.1 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 30%

$$g_{NaOH,30\%} - NaOH_{requerido} = 55.1 - 16.53 = 38.57 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 95°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a

temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,30%	RPM (motor)
4:40 PM	15	500
4:50 PM	10	500
5:00 PM	10	650
5:10 PM	10	800
5:20 PM	10.1	1050

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 5:25 pm, ya que la masa de jabón se comenzó a tornar en una masa de consistencia sólida, que dificultaba casi por completo el proceso de mezclado.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 100 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 13.03. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
Lejía	13.03
100	12.31

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido cítrico al 2% y solución de NaCl al 20%.

Nº Lavados	mL NaCl,20%	mL Ac. cítrico,2%	pH lejía
1	100		10.10
2	50	100	9.13

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
100	9.10

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

Experimento No. 18

Fecha: 10/08/13

StdOrder: 13; RunOrder: 18; T = 95°C; I_s = 165.327; %NaOH: 25

Procedimiento empleado en el laboratorio para la elaboración del Jabón Base de Tocador

1. Pesada del aceite

$$m_{ac} = 100 \text{ g}$$

2. Cálculo de la cantidad de NaOH requerido para saponificar la masa en gramos de aceite

$$NaOH_{requerido} = I_s * m_{ac} * \frac{1}{1000} = 165.327 * 100 * \frac{1}{1000} = 16.53 \text{ g}$$

3. Cálculo de los gramos de solución de NaOH al 25%

$$g_{NaOH,25\%} = \frac{16.53 * 100}{25} = 66.12 \text{ g}$$

4. Cálculo de la cantidad de H₂O requerida en la solución de NaOH al 25%

$$g_{NaOH,25\%} - NaOH_{requerido} = 66.12 - 16.53 = 49.59 \text{ g}$$

5. Proceso de saponificado

El proceso de saponificación se lleva a cabo en un beaker, al cual se le adiciona la masa de aceite y se calienta en un baño maría a 95°C. Cuando se alcanza la temperatura, se inicia el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de NaOH al aceite, el cual es mezclado por un agitador a temperatura constante. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, aunque las RPM (Revoluciones por minuto) varían, pues a medida que avanza la reacción, la mezcla se vuelve más viscosa y por tanto, se necesita aumentar

las RPM. En el siguiente cuadro se muestran el tiempo, los mL de NaOH empleado por tiempo y las RPM.

Tiempo	mL NaOH,25%	RPM (motor)
5:49 PM	15	400
5:59 PM	15	500
6:09 PM	15	650
6:19 PM	10	650
6:29 PM	11.12	800

Observaciones: se detuvo el proceso de saponificación a las 6:35 pm, ya que la masa de jabón se comenzó a tornar en una masa de consistencia sólida, que dificultaba casi por completo el proceso de mezclado.

6. Proceso de sangrado del jabón

Se adicionaron 100 mL de NaCl al 20% y se dejó en agitación constante a la mezcla por 10 minutos, manteniendo el proceso de agitado y la misma temperatura de operación.

7. Proceso de lavado previo del jabón

Antes de realizar el ajuste de alcalinidad, se procedió a decantar la lejía que contenía la mezcla de jabón y se midió el pH de la lejía, el cual era de 13.39. Luego, se realizó un lavado con NaCl al 20% para disminuir la concentración de glicerina en el jabón.

mL NaCl,20%	pH sol lavado
Lejía	13.39
100	13.08

8. Ajuste de alcalinidad

El ajuste de la alcalinidad se realizó con ácido cítrico al 2% y solución de NaCl al 20%.

Nº Lavados	mL NaCl,20%	mL Ac. cítrico,2%	pH lejía
1		100	9.63
2	100		8.91

9. Proceso de lavado final

En el proceso de lavado se utilizará una solución de NaCl al 20%.

mL NaCl,20%	pH sol. lavado
100	8:90

10. Proceso de filtrado del jabón

La masa de jabón se filtró usando una bomba de vacío y equipo de filtración.

11. Proceso de secado del jabón

El secado del jabón se realizó en un horno a temperatura constante de 60 °C durante 36 horas.

I. BITÁCORA DE LAS CORRIDAS REALIZADAS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL JABÓN BASE LÍQUIDO NATURAL A NIVEL EXPERIMENTAL

Experimento 1

Fecha: 23/06/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	70
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	35
Porcentaje de jabón base (%)	20

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Cálculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Índice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 10^{-3} \text{ g/mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Cálculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 35%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{35\%}{100} \right)}{\left(\frac{35\%}{100} \right)} = 41.8 \text{ gr}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 70°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación, adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosiguió la reacción, el mezclado se mantuvo constante, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar que mientras se efectuaba la reacción, la mezcla formada por el aceite y álcali fue adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 45 minutos de reacción y agitación, se detuvo el mezclado, momento en el cual se pudo notar que se habían formados dos fases, una sólida (jabón) y otra líquida (glicerina), se procedió nuevamente a agitar y continuar calentando con el objetivo de formar una mezcla homogénea. Después de 3 horas de reacción se detuvo el proceso, se observó dos fases, siendo la fase líquida, la que se encontraba en menor proporción.

La glicerina obtenida se logró separar por decantación, obteniéndose únicamente el jabón base. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Balance de masa	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	113
Glicerina (g)	14
Masa total (g)	127

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{20\%}{100}\right)}{\left(\frac{20\%}{100}\right)} = 320g$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adicionó la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85°C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada, se procedió a añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: la dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (25 minutos), lográndose disolver el jabón base. Al terminar de disolverse la muestra, se logró observar que el jabón líquido obtenido presentaba un color y olor característico del aceite, además, de cierta viscosidad.

Experimento 2

Fecha: 23/06/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	70
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	25
Porcentaje de jabón base (%)	45

1. Peso del aceite

$$M_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Cálculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1 \text{ g} / 1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 25%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{25\%}{100} \right)}{\left(\frac{25\%}{100} \right)} = 67.5 \text{ gr}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 70°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosiguió la reacción, el mezclado se mantuvo constante, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar que mientras se efectuaba la reacción, la mezcla formada por el aceite y álcali fue adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 40 minutos de reacción y agitación, la mezcla se tornó bastante pastosa, por lo qué, se procedió a aumentar la velocidad de agitación (950 rpm). Después de 1.5 horas de reacción, se observó que la pasta cambio de un color blanquecino a un

color un poco más claro. El proceso de saponificación se detuvo después de 2 horas, obteniéndose una masa homogénea. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	143.1

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 100 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{100g - 100gx\left(\frac{45\%}{100}\right)}{\left(\frac{45\%}{100}\right)} = 97.8 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85°C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85°C y agitando continuamente (40 minutos). Después de pasar ese tiempo, se observó que la masa de jabón no se logró disolver completamente en el agua, por lo que se procedió a aumentar la temperatura a 200°C, durante un tiempo de 15 minutos, al finalizar este tiempo se visualizó una masa con apariencia bastante pastosa.

Experimento 3

Fecha: 23/06/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	70
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	35
Porcentaje de jabón base (%)	15

1. Peso del aceite

$$m_{aceite} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1^1 \text{ g/1000 mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 35%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{35\%}{100} \right)}{\left(\frac{35\%}{100} \right)} = 41.8 \text{ gr}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 70°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosiguió la reacción, el mezclado se mantuvo constante, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar que mientras se efectuaba la reacción, la mezcla formada por el aceite y álcali fue adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 45 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió aumentar la velocidad de agitación (800 rpm), el proceso de saponificación se detuvo después de 3 horas de operación, obteniéndose una masa de jabón homogénea. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	127.2

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{15\%}{100}\right)}{\left(\frac{15\%}{100}\right)} = 453.3 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adicionó la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y se agitó continuamente (20 minutos), después de pasar ese tiempo se observó que la masa de jabón se logró disolver completamente en el agua, obteniéndose un jabón líquido con olor y color característico del aceite.

Experimento 4

Fecha: 23/06/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	70
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	25
Porcentaje de jabón base (%)	20

1. Peso del aceite

$$m_{aceite} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH} / \text{gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH} / \text{gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1 \text{ g} / 1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Cálculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 25%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{25\%}{100}\right)}{\left(\frac{25\%}{100}\right)} = 67.5 \text{ gr}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 70°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosiguió la reacción, el mezclado se mantuvo, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar que mientras se efectuaba la reacción, la mezcla formada por el aceite y álcali fue adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 45 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), después de 1.5 horas de reacción, se observó que la pasta cambio de un color blanquecino a un color un poco más claro, el proceso de saponificación se detuvo después de 2 horas, obteniéndose una masa homogénea. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	146.1

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{\text{agua}} = \frac{80 \text{ g} - 80 \text{ g} \times \left(\frac{20\%}{100}\right)}{\left(\frac{20\%}{100}\right)} = 320 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85

°C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y se agitó continuamente hasta que el jabón se disolvió por completo (25 minutos). Al terminar de disolverse la muestra se pudo observar que el jabón líquido obtenido presentaba un color y olor característico del aceite además de cierta viscosidad.

Experimento 5

Fecha: 24/06/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	90
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	30
Porcentaje de jabón base (%)	15

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1^1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 30%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{30\%}{100} \right)}{\left(\frac{30\%}{100} \right)} = 52.5 \text{ gr}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 90°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosiguió la reacción, el mezclado se mantuvo, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: la reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar que mientras se efectuaba la reacción, la mezcla formada por el aceite y álcali fue adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 30 minutos de reacción y agitación, la mezcla se tornó bastante pastosa, por lo que se procedió aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), el proceso de saponificación se detuvo después de 3 horas, debido a que la masa se solidificó y el agitador no ocasionaba ningún mezclado, obteniéndose así una masa homogénea. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	133.3

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{\text{agua}} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{15\%}{100}\right)}{\left(\frac{15\%}{100}\right)} = 453.3 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adicionó la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85°C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada, se procedió añadir gradualmente, la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (25 minutos). Después de pasar ese tiempo se observó que la masa de jabón se logró disolver completamente en el agua, obteniéndose un jabón líquido con olor y color característico del aceite.

Experimento 6

Fecha: 24/06/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	90
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	35
Porcentaje de jabón base (%)	45

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1^1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 35%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{35\%}{100} \right)}{\left(\frac{35\%}{100} \right)} = 41.8 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 90°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosiguió la reacción, el mezclado se mantuvo, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: la reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar que mientras se efectuaba la reacción, la mezcla formada por el aceite y álcali fue adquiriendo una apariencia viscosa, después de 45 minutos de reacción y agitación, la mezcla se tornó bastante viscosa, por lo que se procedió a aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm). El proceso de saponificación se detuvo después de 2 horas, debido a que la masa se solidificó

y el agitador no ocasionaba ningún mezclado obteniéndose así una masa homogénea. En el siguiente cuadro, se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	127.3

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx \left(\frac{45\%}{100} \right)}{\left(\frac{45\%}{100} \right)} = 97.8 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adicionó la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85°C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada, se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base, y se ajito constantemente.

Observación: la dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85°C y agitando continuamente (30 minutos), después de haber finalizado este tiempo, se observó una masa bastante viscosa.

Experimento 7

Fecha: 24/06/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	70
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	25
Porcentaje de jabón base (%)	30

1. Peso del aceite

$$m_{aceite} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Cálculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Índice de saponificación, } I_s = 232,32 \frac{\text{mgKOH}}{\text{gdeaceite}}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH} / \text{gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1^1 \text{ g} / 1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Cálculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 25%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{25\%}{100} \right)}{\left(\frac{25\%}{100} \right)} = 67.5 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 70°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inicia el proceso de saponificación, adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico, con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosiguió la reacción, el mezclado se mantuvo, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: la reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar que mientras se efectuaba la reacción, la mezcla formada por el aceite y álcali fue adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 30 minutos de reacción y agitación, la mezcla se tornó más viscosa, por lo que se procedió a aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), después de 2 horas la masa se solidificó, por lo que se procedió a apagar el agitador, debido a que ya no ocasionaba ningún mezclado. Sin embrago, se siguió calentando hasta completar las 3 horas, obteniéndose una masa homogénea. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	150.6

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{\text{agua}} = \frac{80 \text{ g} - 80 \text{ g} \times \left(\frac{30\%}{100} \right)}{\left(\frac{30\%}{100} \right)} = 186.6 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adicionó la cantidad de agua requerida, posteriormente, este se calentó a una temperatura de 85°C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada, se procedió a añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85°C y agitando continuamente (35 minutos), después de haber finalizado este tiempo, se observó una masa bastante viscosa.

Experimento 8

Fecha: 25/06/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	90
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	25
Porcentaje de jabón base (%)	30

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Cálculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Índice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH} / \text{gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH} / \text{gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1^1 \text{ g} / 1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Cálculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 25%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{25\%}{100} \right)}{\left(\frac{25\%}{100} \right)} = 67.5 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 90°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: la reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Además, se logró observar, que mientras se efectuaba la reacción, la mezcla formada por el aceite y álcali fue progresivamente adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 30 minutos de reacción y agitación, la mezcla se tornó bastante viscosa, por lo que se procedió aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), después de 1.5 horas, la masa se solidificó, por lo que se procedió a finalizar el proceso de saponificación, obteniéndose una masa homogénea de jabón. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	145.4

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{30\%}{100}\right)}{\left(\frac{30\%}{100}\right)} = 186.6 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (30 minutos), después de haber finalizado este tiempo se observó una masa bastante viscosa.

Experimento 9

Fecha: 25/06/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	90
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	30
Porcentaje de jabón base (%)	45

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Cálculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Índice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1^1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Cálculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 30%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{30\%}{100} \right)}{\left(\frac{30\%}{100} \right)} = 52.5 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite, el cual se calentó en un baño maría a 90°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura deseada, se inició el proceso de saponificación, adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantuvo constante, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar que mientras se efectuaba la reacción, la mezcla formada por aceite y álcali adquirió una apariencia bastante viscosa, después de 40 minutos de reacción y agitación, la mezcla se tornó bastante viscosa, por lo que se procedió a aumentar la velocidad de agitación (800 rpm). Después de 2.5 horas, la

masa se solidificó, por lo que se procedió a finalizar el proceso de saponificación, obteniéndose una masa homogénea de jabón. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	131.5

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{\text{agua}} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{45\%}{100}\right)}{\left(\frac{45\%}{100}\right)} = 97.8 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (35 minutos), después de haber finalizado este tiempo se observó una masa bastante pastosa.

Experimento 10

Fecha: 26/06/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	70
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	30
Porcentaje de jabón base (%)	15

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1^1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 30%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{30\%}{100} \right)}{\left(\frac{30\%}{100} \right)} = 52.5 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 70°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 1.5 horas de reacción y agitación, la mezcla torna bastante pastosa, por lo que se procedió a aumentar la velocidad de agitación (800 rpm), momento en el cual se pudo notar que se habían formados dos fases, una sólida (jabón) y otra líquida (glicerina), se procedió a agitar y continuar calentando con el objetivo de formar una mezcla homogénea, después de 3 horas de reacción se detuvo el proceso, se observó dos fases a diferencia que la fase líquida estaba en menor proporción que como se había visualizado inicialmente. La glicerina obtenida se logró separar por decantación, obteniéndose únicamente el jabón base. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida

Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	107.57
Glicerina (g)	23.6
Masa total (g)	131.17

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{15\%}{100}\right)}{\left(\frac{15\%}{100}\right)} = 453.3g$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (20 minutos), después de pasar ese tiempo se observó que la masa de jabón se logró disolver completamente en el agua, obteniéndose un jabón líquido con olor y color característico del aceite.

Experimento 11

Fecha: 26/06/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	90
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	35
Porcentaje de jabón base (%)	30

1. Peso del aceite

$$m_{aceite} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \frac{\text{mgKOH}}{\text{gdeaceite}}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \frac{\text{mgKOH}}{\text{gdeaceite}} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1 \frac{\text{g}}{1000 \text{ mg}} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 35%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{35\%}{100} \right)}{\left(\frac{35\%}{100} \right)} = 41.8 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 90°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 45 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió aumentar la velocidad de agitación (600 rpm), después de 1.5 horas de iniciado la saponificación se procedió aumentar más la velocidad de agitación debido a que la mezcla se endureció, a las 2 horas se procedió a finalizar el proceso de saponificación, obteniéndose una masa homogénea de jabón. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	130.52

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{30\%}{100}\right)}{\left(\frac{30\%}{100}\right)} = 186.6g$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (35 minutos), después de haber finalizado este tiempo se observó una masa bastante viscosa.

Experimento 12

Fecha: 26/06/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	70
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	30
Porcentaje de jabón base (%)	20

1. Peso del aceite

$$m_{aceite} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1^1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 30%

$$M_{agua} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{30\%}{100}\right)}{\left(\frac{30\%}{100}\right)} = 52.5 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 70°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 30 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió a aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), después de 2 horas de iniciado la saponificación se procedió a finalizar el proceso de saponificación, obteniéndose una masa homogénea de jabón. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	135.72

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{20\%}{100}\right)}{\left(\frac{20\%}{100}\right)} = 320 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (25 minutos), logrando que el jabón base se disolviera. Al terminar de disolverse la muestra se pudo observar que el jabón líquido obtenido presentaba un color y olor característico del aceite además de cierta viscosidad.

Experimento 13

Fecha: 6/07/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	70
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	35
Porcentaje de jabón base (%)	30

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 35%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{35\%}{100} \right)}{\left(\frac{35\%}{100} \right)} = 41.8 \text{ gr}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 70°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 40 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que

se procedió aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), después de 2.5 horas de iniciado la saponificación se procedió a finalizar el proceso de saponificación, obteniéndose una masa homogénea de jabón. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	134.14

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{30\%}{100}\right)}{\left(\frac{30\%}{100}\right)} = 186 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (37 minutos), después de haber finalizado este tiempo se observó una masa bastante viscosa.

Experimento 14

Fecha: 6/07/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	70
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	25
Porcentaje de jabón base (%)	15

1. Peso del aceite

$$m_{aceite} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

Indice de saponificación, $I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 25%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{25\%}{100} \right)}{\left(\frac{25\%}{100} \right)} = 67.5 \text{ gr}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 70°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 30 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), después de 2 horas de iniciado la saponificación se procedió a finalizar el proceso de saponificación, obteniéndose una masa homogénea de jabón. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	154.17

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{15\%}{100}\right)}{\left(\frac{15\%}{100}\right)} = 453.3 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (25 minutos), después de pasar ese tiempo se observó que la masa de jabón se logró disolver completamente en el agua, obteniéndose un jabón líquido con olor y color característico del aceite.

Experimento 15

Fecha: 7/07/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	70
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	30
Porcentaje de jabón base (%)	45

1. Peso del aceite

$$m_{aceite} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1 \text{ g} / 1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Cálculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 30%

$$M_{agua} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{30\%}{100}\right)}{\left(\frac{30\%}{100}\right)} = 52.5 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 70°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 45 minutos de reacción y agitación, la mezcla torna bastante pastosa, por lo que se procedió a aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), momento en el cual se pudo notar que se habían formados dos fases, una sólida (jabón) y otra líquida (glicerina), se procedió a agitar y continuar calentando con el objetivo de formar una mezcla homogénea, después de 3 horas de reacción se detuvo el proceso, observando dos fases a diferencia que la fase líquida estaba en menor proporción que como se había visualizado inicialmente. La glicerina obtenida se logró separar por decantación, obteniéndose únicamente el jabón base. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida

Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	117.41
Glicerina (g)	18.59
Masa Total	136

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80 \text{ g} - 80 \text{ g} \times \left(\frac{45\%}{100}\right)}{\left(\frac{45\%}{100}\right)} = 97.8 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y agitando constantemente hasta que el jabón se pudo disolver.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (35 minutos), después de haber finalizado este tiempo se observó una masa bastante pastosa.

Experimento 16

Fecha: 7/07/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	90
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	25
Porcentaje de jabón base (%)	20

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1 \text{ g} / 1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 25%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{25\%}{100} \right)}{\left(\frac{25\%}{100} \right)} = 67.5 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 90°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 30 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), después de 1.25 horas de iniciado la saponificación se procedió a finalizar el proceso de saponificación, obteniéndose una masa homogénea de jabón. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	148.3

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{20\%}{100}\right)}{\left(\frac{20\%}{100}\right)} = 320 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (25 minutos), lográndose disolver por completo el jabón base. Al terminar de disolverse la muestra se pudo observar que el jabón líquido obtenido presentaba un color y olor característico del aceite además de cierta viscosidad.

Experimento 17

Fecha: 7/07/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	90
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	30
Porcentaje de jabón base (%)	30

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 10^{-3} \text{ g/mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 30%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{30\%}{100} \right)}{\left(\frac{30\%}{100} \right)} = 52.5 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 90°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 20 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió aumentar la velocidad de agitación (800 rpm), después de 1.5 horas

de iniciado la saponificación se procedió a finalizar el proceso de saponificación, obteniéndose una masa homogénea de jabón. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	146.74

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{30\%}{100}\right)}{\left(\frac{30\%}{100}\right)} = 186.6 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (35 minutos), después de haber finalizado este tiempo se observó una masa bastante viscosa.

Experimento 18

Fecha: 7/07/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	90
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	25
Porcentaje de jabón base (%)	15

1. Peso del aceite

$$m_{aceite} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \frac{\text{mgKOH}}{\text{gdeaceite}}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \frac{\text{mgKOH}}{\text{gdeaceite}} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 25%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{25\%}{100} \right)}{\left(\frac{25\%}{100} \right)} = 67.5 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 90°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 35 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), después de 1.5 horas de iniciado la saponificación se procedió a finalizar el proceso de saponificación, obteniéndose una masa homogénea de jabón. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	152.19

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{\text{agua}} = \frac{80 \text{ g} - 80 \text{ g} \times \left(\frac{15\%}{100} \right)}{\left(\frac{15\%}{100} \right)} = 453.3 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (20 minutos), después de pasar ese tiempo se observó que la masa de jabón se logró disolver completamente en el agua, obteniéndose un jabón líquido con olor y color característico del aceite.

Experimento 19

Fecha: 13/07/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	70
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	30
Porcentaje de jabón base (%)	30

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 30%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{30\%}{100} \right)}{\left(\frac{30\%}{100} \right)} = 52.5 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 70°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 30 minutos de reacción y agitación, la mezcla torna bastante pastosa, por lo que se procedió a aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), momento en el cual se pudo notar que se habían formados dos fases, una sólida (jabón) y otra líquida (glicerina), se procedió a agitar y a continuar calentando con el objetivo de formar una mezcla homogénea, después de 3 horas de reacción se detuvo el proceso, logrando observar dos fases, a diferencia que la fase líquida estaba en menor proporción que como se había visualizado inicialmente. La glicerina obtenida se logró separar por decantación, obteniéndose únicamente el jabón base. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	102.98
Glicerina (g)	32.85
Masa total (g)	135.83

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{\text{agua}} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{30\%}{100}\right)}{\left(\frac{30\%}{100}\right)} = 186.6 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (40 minutos), después de haber finalizado este tiempo se observó una masa bastante viscosa.

Experimento 20

Fecha: 13/07/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	70
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	35
Porcentaje de jabón base (%)	45

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 35%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{35\%}{100} \right)}{\left(\frac{35\%}{100} \right)} = 41.8 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 70°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 40 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió a aumentar la velocidad de agitación (800 rpm), el proceso de saponificación se detuvo después de 3 horas de operación, obteniéndose una masa de jabón homogénea. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	248.66

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{45\%}{100}\right)}{\left(\frac{45\%}{100}\right)} = 97.8 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió a añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (40 minutos), después de haber finalizado este tiempo se observó una masa bastante pastosa.

Experimento 21

Fecha: 14/07/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	90
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	25
Porcentaje de jabón base (%)	45

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 25%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{25\%}{100} \right)}{\left(\frac{25\%}{100} \right)} = 67.5 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 90°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 25

minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió a aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), el proceso de saponificación se detuvo después de 1 hora de operación, obteniéndose una masa de jabón homogénea. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	151.85

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{45\%}{100}\right)}{\left(\frac{45\%}{100}\right)} = 97.8 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió a añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (40 minutos), después de haber finalizado este tiempo se observó una masa bastante pastosa.

Experimento 22

Fecha: 14/07/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	90
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	35
Porcentaje de jabón base (%)	15

1. Peso del aceite

$$m_{aceite} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 10^{-3} \text{ g/mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 35%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{35\%}{100} \right)}{\left(\frac{35\%}{100} \right)} = 41.8 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 90°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 35 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), el proceso de saponificación se detuvo después de 1.5 hora de operación, obteniéndose una masa de jabón homogénea. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	130.43

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g

- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{15\%}{100}\right)}{\left(\frac{15\%}{100}\right)} = 453.3g$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir poco a poco la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (20 minutos), después de haber finalizado este tiempo se observó una masa bastante pastosa.

Experimento 23

Fecha: 14/07/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	90
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	30
Porcentaje de jabón base (%)	20

1. Peso del aceite

$$m_{aceite} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1 \text{ g} / 1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Cálculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 30%

$$M_{agua} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{30\%}{100}\right)}{\left(\frac{30\%}{100}\right)} = 52.5 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 90°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 30 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), el proceso de saponificación se detuvo después de 2 hora de operación, obteniéndose una masa de jabón homogénea. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	135.2

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80 \text{ g} - 80 \text{ g} \times \left(\frac{20\%}{100}\right)}{\left(\frac{20\%}{100}\right)} = 320 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (20 minutos), después de haber finalizado este tiempo se observó una masa bastante pastosa.

Experimento 24

Fecha: 14/07/13

Variables de control	Valores
Temperatura (°C)	90
Porcentaje de Hidróxido de potasio (%)	35
Porcentaje de jabón base (%)	20

1. Peso del aceite

$$m_{\text{aceite}} = 92.2 \text{ gramos}$$

2. Calculo de la cantidad de hidróxido de potasio más un 5 % de exceso

$$\text{Indice de saponificación, } I_s = 232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite}$$

$$\text{KOH}_{5\%} = \left(232,32 \text{ mgKOH/gdeaceite} \times 92.2 \text{ gdeaceite} \right) \times 1^1 \text{ g}/1000 \text{ mg} \times 1.05$$

$$\text{KOH}_{5\%} = 22.5 \text{ gramos}$$

3. Calculo de la masa de agua para preparar la solución del KOH al 35%

$$M_{\text{agua}} = \frac{22.5 \text{ gr} - 22.5 \text{ gr} \times \left(\frac{35\%}{100} \right)}{\left(\frac{35\%}{100} \right)} = 41.8 \text{ g}$$

4. Proceso de saponificación

El proceso de saponificación se llevó a cabo en un beaker, al que se le adicionó la masa de aceite y se calentó en un baño maría a 90°C. Cuando el aceite alcanzó la temperatura, se inició el proceso de saponificación adicionándose pequeñas cantidades de KOH al aceite, el cual fue mezclado por un agitador mecánico con una velocidad inicial de 600 RPM. Durante prosigue la reacción, el mezclado se mantiene, a medida que avanza la reacción, la mezcla se volvió más viscosa y por tanto, se aumentó las RPM.

Observación: La reacción de saponificación se efectuó de manera rápida. Se logró observar mientras se efectuaba la reacción, que la mezcla formada por el aceite y álcali iba adquiriendo una apariencia bastante viscosa, después de 30 minutos de reacción y agitación, la mezcla se torna bastante pastosa, por lo que se procedió a aumentar la velocidad de agitación (1050 rpm), el proceso de saponificación se detuvo después de 1.5 horas de operación, obteniéndose una masa de jabón homogénea. En el siguiente cuadro se muestra la masa de jabón base obtenida.

Masa de jabón base obtenida	
Balance real	Cantidad
Jabón base obtenido (g)	137.81

5. Proceso de dilución del jabón base

- Masa de jabón base = 80 g
- Masa de agua para la dilución del jabón base

$$M_{agua} = \frac{80g - 80gx\left(\frac{20\%}{100}\right)}{\left(\frac{20\%}{100}\right)} = 320 \text{ g}$$

El proceso de dilución del jabón base se efectuó en un beaker, al cual se le adiciono la cantidad de agua requerida, este se calentó a una temperatura de 85 °C con ayuda de una plancha de calentamiento digital, cuando el agua alcanzó la temperatura deseada se procedió a añadir gradualmente la cantidad de jabón base y se agitó constantemente.

Observación: La dilución se procedió a efectuar, calentando el agua a una temperatura de 85 °C y agitando continuamente (25 minutos), después de haber finalizado este tiempo se observó una masa bastante pastosa.